Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der
Universität Würzburg

Vorstand: **Professor Dr. med. H. Schuermann**

Experimentelle Untersuchungen über die Motilität und sogenannte Vitalität an menschlichen Spermien

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Günter Thein
aus Rothenburg ob der Tauber

Würzburg 1956

Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der
Universität Würzburg
Vorstand: **Professor Dr. med. H. Schuermann**

Experimentelle Untersuchungen über die Motilität und sogenannte Vitalität an menschlichen Spermien

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Günter Thein
aus Rothenburg ob der Tauber

Würzburg 1956

Tag der mündl. Prüfung:
15. Mai 1956

Referent: **Professor Dr. med. H. Schuermann**

Gedruckt mit der Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

Druck: Schneidersche Buchdruckerei, Gebr. Schneider, Rothenburg ob der Tauber

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Einleitung 7

Die Beziehungen zwischen Spermienzahl und Fertilität 9

Die Beziehungen zwischen Spermienbeweglichkeit und Fertilität 12

Die Beziehungen zwischen Morphologie der Samenfäden und Fertilität 18

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Dichte 21

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Motilität 22

Die Beziehungen zwischen Bewegungsqualität und Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenfäden in fertiler und infertiler Gruppe 22

Die Beziehungen zwischen Motilitätsqualität und Spermiendichte 23

Die Beziehungen zwischen Dichte und Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien . 24

Die Beziehungen zwischen Dichte und Morphologie 24

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Morphologie 24

Die Beziehungen zwischen Morphologie und Motilität 25

Der Einfluß des Ermüdungsfaktors auf die Zahl der beweglichen Spermien . . . 25

Zusammenfassung 26

Der Eosin-Vitalitätstest und seine Bedeutung für die Spermaanalyse 28

Der Einfluß der Zentrifugation auf die Spermienmotilität 33

Der Einfluß der Verdünnung des Ejakulates (1 : 3 – 1 : 10) mit Bakerlösung . . . 33

Der Einfluß der Auswaschung der Spermien auf die Beweglichkeit 35

Der Einfluß des Lichtes auf die Beweglichkeit der Spermien 37

Der Einfluß der Temperatur auf die Spermienbeweglichkeit 38

Zusammenfassung 42

Literaturverzeichnis 45

Lebenslauf 47

Schon im Altertum ist die Unfruchtbarkeit ein großes Problem für die Menschen gewesen. Viele Völkerstämme schufen sich eine Gottheit für die Gebärenden. Damals beschuldigte man nur die Frau für die Kinderlosigkeit der Ehe, und Kinderlosigkeit war für den Gatten ein Scheidungsgrund. **Hippokrates** hat als erster darauf hingewiesen, daß die Ursache der Unfruchtbarkeit einer Ehe auch beim Manne liegen kann. Heute weiß man, daß die Sterilität einer Ehe sehr oft durch den männlichen Partner bedingt ist — nach **Cary, Moench, Meaker, Keshin** und **Pink, Taylor** und **Payne** in 40 bis 50 Prozent der Fälle. Da beispielsweise bei Azoospermie die Potentia coeundi nicht gestört zu sein braucht und das Ejakulatvolumen dann oft relativ groß ist, so ist verständlich, daß diese Männer sich im allgemeinen ihres Leidens überhaupt nicht bewußt werden und daß sie unter Umständen erst nach vielen Untersuchungen des weiblichen Partners vom Arzt auf diese Möglichkeit aufmerksam gemacht werden.

Die Ehe ist als biologische Einheit aufzufassen und bei Kinderlosigkeit ist also zur Klärung der Ursache nicht nur die Frau, sondern auch der Ehemann zu untersuchen. Die Untersuchung wegen Infertilität sollte im allgemeinen aber erst nach mindestens zwei Jahren bestehender Ehe unternommen werden. Immer sollte, wegen der einfacheren Untersuchungstechnik, die Untersuchung beim Manne beginnen und mindestens 6 bis 12 Wochen dauern, bevor mit ziemlich großer Wahrscheinlichkeit ein pathologischer Befund erhoben werden darf. Spezielle Untersuchungsmethoden, vor allem bei der Frau, wie Tubenperflation, Biopsie des Endometriums, sollten im allgemeinen erst nach der so einfach zu erreichenden, schmerzlosen und gefahrlosen Untersuchung des Mannes und dessen Spermas stattfinden.

Es gibt alle Grade der Fertilität, von der ideellen angefangen bis zur absoluten Sterilität. Streng genommen kann als infertil nur derjenige Mensch gelten, der entweder überhaupt keine Keimzellen produzieren kann oder absolut unfähig ist, die Vereinigung seiner Keimzellen mit denen des anderen Geschlechts herbeizuführen.

Die sicherste Methode zur Feststellung der Befruchtungsfähigkeit eines Spermas wäre die Befruchtung eines Eies. Nach **Seymour** beweisen weder die Beweglichkeit der Spermien, noch die Anwesenheit von beweglichen Samenzellen im Zervixkanal der Frau für sich allein die Fertilität des Mannes. Auch andere vorhandene Spermieneigenschaften, wie Spermienzahl und Spermienmorphologie, beweisen nach **Seymour** nicht die Fertilität. Nach neueren Untersuchungen ist aber doch die Möglichkeit gegeben, den Fertilitätsgrad durch Spermauntersuchungen mit großer Wahrscheinlichkeit zu bestimmen.

Das Ejakulat ist das einzige Exkret des menschlichen Körpers, in dem sich lebende Zellen befinden. Ebenso wie aus dem Blutbild Rückschlüsse auf das haemopoetische Körpergewebe möglich sind, so steht auch die Samenzelle in direkter Beziehung zu ihrem Mutterboden. Mißbildungen der Samenfäden, vermehrter oder verminderter Chromatingehalt und sonstige morphologische Ver-

änderungen der Spermien, sind nach **Moench** bedingt durch eine Dysfunktion des spermiogenetischen Gewebes, deren Ursache im Keimzellgewebe selbst zu suchen oder übergeordnet bedingt ist. Auch Oligospermie ist wahrscheinlich auf eine Fehlfunktion der germinativen Epithelien zurückzuführen. Wenn nämlich ein inadäquates germinatives Epithel nicht in der Lage ist, genügend Druck (Vis a tergo — Phänomen) zu erzeugen, so werden die Samenspeicher nicht adäquat gefüllt und bei der Ejakulation steht dann nur eine relativ kleine Zahl von Spermien zur Verfügung.

Wenn wir auf den physiologischen Prozeß der Spermienübertragung vom Mann auf die Frau eingehen, so ist festzustellen, daß im ersten Drittel des Ejakulates ungefähr 75 Prozent der gesamten Spermien enthalten sind. Die Motilität dieses Teiles der Spermien ist nach **Farris** etwa doppelt so gut wie im übrigen Teil.

Der Hauptteil der Spermien erreicht die Samenflüssigkeit sicher bis zum Augenblick der Ejakulation nicht. Fast gleichzeitig mit der Ejakulation wird das ganze Sperma am oder in der unmittelbaren Umgebung des Muttermundes deponiert. Nach **Mac Leod** dringen diejenigen Samenfäden, welche die Umgebung des Eies in der Tube überhaupt erreichen, sofort oder sehr schnell in den Kristellerschen Schleimpfropf ein. Es ist unwahrscheinlich, daß auch nur ein Teil der Samenflüssigkeit mit den Spermien in den Schleimpfropf eindringt. Das heißt aber, daß diejenigen Spermien, welche das Ei erreichen, sich nur ganz kurze Zeit, Minuten vielleicht auch nur Sekunden, in der Samenflüssigkeit befinden. Man kann daraus folgern, daß die Samenflüssigkeit über längere Zeit hinweg für die Spermien kein physiologisches Medium ist und daß das Überleben in diesem Medium, soweit es die Motilität betrifft, keine Beziehungen zur Lebensdauer der Spermien im weiblichen Genitaltrakt hat. Selbst wenn man annimmt, daß die Samenflüssigkeit ein physiologisches Medium für die Samenzellen darstellt, kann man nicht sagen, ob die Veränderungsbedingungen der Samenflüssigkeit in vitro für alle Samen die gleichen sind und ob die Spermien durch die Vitroversuche gleichmäßig beeinflußt werden. **Mac Leod** glaubt deshalb, daß die Untersuchungen, wenn sie nicht innerhalb weniger Stunden nach der Ejakulation vorgenommen werden, keinerlei Beziehungen physiologischer Art zu den Verhältnissen im weiblichen Genialtrakt mehr aufweisen. Die Untersuchungen, vor allem in Bezug auf die Motilität der Spermien, dürfen aber erst nach Verflüssigung des Spermas (etwa 20 bis 25 Minuten nach der Ejakulation) begonnen werden, da erst nach der Verflüssigung die Motilität einen Wert erreicht, den man als Ausgangsmotilität verwenden kann.

Es erhebt sich nun die Frage, inwieweit die einzelnen Samencharakteristika Beziehungen untereinander und zur Fertilität aufweisen.

Die Beziehungen zwischen Spermienzahl und Fertilität

Die Natur ist immer großzügig, wenn es gilt, eine Spezies zu erhalten. Die hohen Spermienzahlen sind offensichtlich eine weise Vorsichtsmaßnahme der Natur, um die Erhaltung der menschlichen Spezies zu gewährleisten. Wenn letzten Endes nur eine Samenzelle gebraucht wird, zum Befruchtungsvorgang aber viele Millionen zur Verfügung stehen, so sicherlich deshalb, weil der Imprägnationsprozeß schwierig ist. Dies geht ja auch daraus hervor, daß nur eine relativ sehr kleine Zahl von Spermien die Nachbarschaft des Eies erreicht. Es scheint so, als ob der reichliche Überfluß an Samenzellen umgekehrt proportional der Wahrscheinlichkeit einer Imprägnation sei.

Schon beim normal fertilen Mann ist in gewissen Grenzen ein permanenter individueller Unterschied in der Dichte vorhanden, eine Differenz in der Fertilität aber nicht nachzuweisen. Auch schwanken beim gleichen Mann die Spermienzahlen schon physiologischerweise. Ein jahreszeitlicher Einfluß auf die Samenzellendichte besteht nach **Mac Leod** und **Farris** allerdings nicht. Das sogenannte „Warten bis zum Frühjahr" ist also ohne Begründung.

Es erhebt sich nun die Frage, wie groß die Zahl der Spermien normalerweise bei fertilen Männern ist und wie hoch die Zahl mindestens sein muß, daß Fertilität noch gewährleistet ist. Um diese Frage ist sehr viel gestritten worden und auch heute noch differieren die Auffassungen zum Teil beträchtlich.

	Normalwerte:	Unterste Grenze:	Höchstzahlen:
Amantea	50—100 Mill/ccm	Mac Leod	Amantea
Belding	100 Mill/ccm	20 Mill/ccm	350—400 Mill/ccm
Segre und Valle	100 Mill/ccm		Segre und Valle
Hotchkiss	100—115 Mill/ccm	Joel	bis 400 Mill/ccm
Joel	60—120 Mill/ccm	5—30 Mill/ccm	
Hammen	104 Mill/ccm		
Macomber u. Saunders	100 Mill/ccm	46 Mill/ccm	

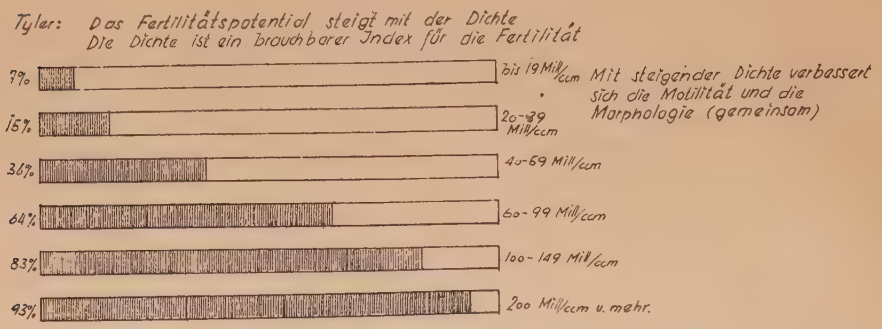
Macomber und Saunders vertreten die Ansicht, die heute ein Großteil der Forscher auf diesem Gebiet mit ihnen teilt, daß die Konzentration = die Spermienzahl in Mill/ccm-Dichte, wichtiger sei als die Gesamtzahl der Samenzellen im Ejakulat. **Mac Leod** meint, die Bedeutung der Dichte sei nicht größer als die der Gesamtzahl. **Farris und Weismann** nehmen an, daß die Gesamtzahl wichtiger sei als die Konzentration, heben allerdings zusätzlich die Motilität stark hervor (vgl. absolute Motilität s. u.).

Nach **Hotchkiss** verringern sich bei abnehmender Spermienzahl auch die Chancen einer erfolgreichen Imprägnation. Bei sehr niedrigen Zahlen ist dann schließlich Fertilität unmöglich.

> Hohe Spermienzahlen gewährleisten also nach **Hotchkiss** bessere Chancen einer Befruchtung als niedrige Zahlen.

Tyler fand, daß das Fertilitätspotential mit der Spermiendichte ansteigt. Er zeigt in seinen Untersuchungen (Tabelle 1), daß die Qualität der Morphologie und die Motilität in qualitativer und quantitativer Hinsicht sich mit ansteigender Dichte verbessern.

Tabelle 1



Belonoschkin stellt in nachfolgender Tabelle (Tabelle 2) den Prozentsatz der Graviditäten aller seiner Fälle und verschiedene Spermiendichten gegenüber und es zeigt sich, daß die Fertilitätschancen bei höheren Dichten größer sind als bei niedrigeren.

Tabelle 2

Dichte = Mill/ccm	Graviditäten
20— 40	15,9 %
40— 60	21,9 %
60—100	34,8 %
100 und mehr	39,4 %

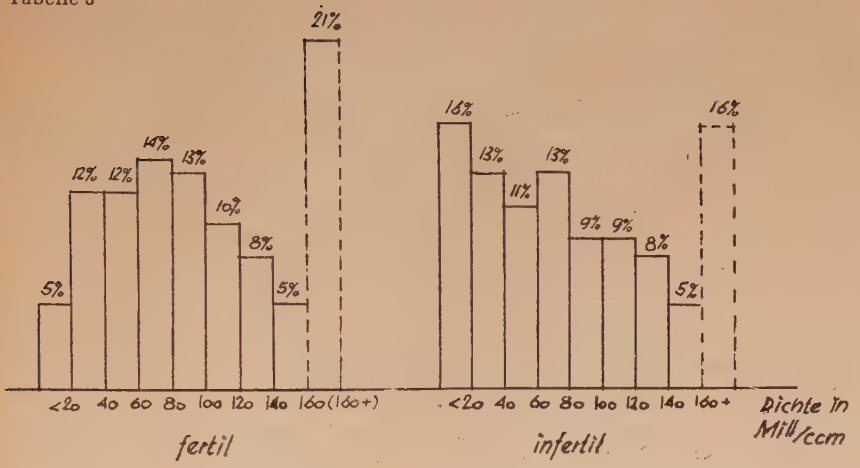
Mac Leod untersuchte 1000 fertile Männer und fand zahlreiche Schwangerschaften bei wesentlich niedrigeren Dichten und gibt die unterste Grenze mit 20 Mill/ccm an. Er bezweifelt stark, ob sich überhaupt je eine objektiv gültige Norm für die Bestimmung des Fertilitätsindex, wie auch für eine untere Grenze aus der Spermienzahl allein festlegen läßt. Nach **Page** und **Houldings** ist ein Mann mit 500 Mill/ccm keinesfalls fünfmal so fertil wie derjenige mit nur 100 Mill/ccm. Der numerische Wert der Dichte läßt sich nicht direkt als Fertilitätsindex angeben. Man kann natürlich auch nicht sagen, das Individuum mit 60 Mill/ccm ist fertiler als dasjenige mit nur 58 Mill/ccm und ebenso wenig, das Individuum mit über 20 Mill/ccm ist sicher fertil, dasjenige mit unter 20 Mill/ccm infertil.

Nach **Mac Leod** weisen mindestens 30 Prozent aller fertilen Samendichten unter 60 Mill/ccm auf, nach **Hotchkiss** 25 Prozent.

Die relative Häufigkeitsverteilung der Dichte bei fertilen und infertilen Männern (Tabelle 3):

Der größte Unterschied zwischen beiden Gruppen liegt bei einer Dichte von unter 20 Mill/ccm. Die höchsten Werte liegen für die infertile Gruppe unter 20 Mill/ccm, für die fertile Gruppe bei 60 bis 80 Mill/ccm.

Tabelle 3



Allein auf die Dichte bezogen, hat ein Samen mit der Dichte 140 Mill/ccm kein höheres Fertilitätspotential als ein solcher mit der Dichte über 40 Mill/ccm. Die Tabelle 4 zeigt weiterhin, daß die Fertilität der Dichte nicht proportional ist.

Tabelle 4

Dichte	Zahl der Fälle in der Dichteklasse	Prozentualer Beitrag der fertilen Gruppe zur jeweiligen Zahl der Fälle
Alle Fälle (1000 fertil und 1000 infertil)	2000	50 %
unter 20	211	21,8 %
20— 39	248	47,1 %
40— 59	237	52,7 %
60— 79	271	52,4 %
80— 99	220	59,1 %
100—119	191	49,7 %
120—139	157	52,2 %
140—159	96	52,1 %
160 und mehr	369	57,7 %

Der kritische Wert der Dichte liegt nach **Mac Leod** unter 20 Mill/ccm, die kritische Gesamtzahl unter einem Wert von 50 Mill/ccm.

Moench mißt der Dichte der Spermien nur sehr wenig Bedeutung bei. Er nimmt an, die Fertilität hinge weniger von der Dichte als von der Morphologie ab. Er stützt sich dabei vor allem auf die Ergebnisse der Veterinärmedizin und sagt: „Wie wenig die Zahl der Spermien für die Fertilität bedeutet, zeigt die künstliche

Befruchtung mit verdünntem Sperma bei Tieren, die mit keiner Verringerung der Befruchtungskraft einhergeht". Man muß also mit der Beurteilung einer Oligospermie sehr vorsichtig sein und noch viele andere Umstände berücksichtigen, ehe man eine Oligospermie als Sterilitätsgrund ansieht. **Moench** selbst unterscheidet streng zwischen Oligospermie mit normalem morphologischem Befund und Oligospermie bei schlechter Morphologie. Nach **Moench** ist eine permanente Oligospermie, wenn sie nicht allzu hochgradig ist, bei guter Morphologie der Samenzellen mit völlig normaler Fertilität vereinbar.

ZUSAMMENFASSUNG

Die häufig vertretene Ansicht, daß die Begriffe Spermienzahl und Spermienanalyse als synonyme Ausdrücke aufgefaßt und gebraucht werden, ist völlig falsch; denn auch bei relativ niedrigen Spermienzahlen/ccm kann eine Konzeption stattfinden, vorausgesetzt, daß die übrigen Spermienqualitäten (siehe unten) gut sind.

Die Beziehungen zwischen Spermienbeweglichkeit und Fertilität

Wir haben bei der Spermienmotilität zwei Dinge zu beachten:

die qualitative Motilität und
die quantitative Motilität = dem Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenzellen.

Die mikroskopische Samenzellenbeweglichkeit kann nicht allein als Maßstab für das Befruchtungsvermögen gelten. Herabgesetzte Beweglichkeit dürfte zwar als Ausdruck herabgesetzter Vitalität anzusehen sein, doch kann man durch geeignetes Milieu (zum Beispiel Zervikalsekret und Nebenhodenschwanzsubstanz [**Granzow**]) die Motilität und damit wahrscheinlich die Lebensfähigkeit der Samenzellen wieder steigern. Dann weisen in neuester Zeit auch die Eosinvitalitätstests an menschlichem Sperma darauf hin, daß bewegungslos nicht gleich tot sein muß. Gerade im Hinblick auf die Befruchtung durch hypo- oder akinetische Spermien erscheint wesentlich: das tiefe Einbringen des Ejakulates beim Coitus und der Orgasmus der Frau. Der Orgasmus der Frau wahrscheinlich weniger wegen der vermuteten Ansaugung des Ejakulates infolge der hierbei auftretenden Uterus-Zervix-Kontraktionen, als vielmehr wegen der Lösung des Kristellerschen Schleimpfropfes. Der Zervixverschluß bildet sonst nämlich eine Schranke, die nach **Dietz** den Spermien ein nur schwer überwindbares Hindernis bietet und nur von hochvitalen Samenzellen auf Grund ihres reichen Gehaltes an Spermienhyaluronidase durchdrungen werden kann.

Belonoschkin meint, daß die Spermienbeweglichkeit der Befruchtungsfähigkeit nicht gleichgesetzt werden darf, daß die Motilität also noch kein Beweis für die Fertilität ist — aber eine unbedingte Voraussetzung dafür:

Ohne Beweglichkeit der Samenzellen kann es wahrscheinlich keine Befruchtung geben.

Nach **Belonoschkin** kommt die biologische Minderwertigkeit eines Spermas vor allem in der zu geringen Dichte und der Bewegungslosigkeit der Spermien zum Ausdruck. Wenn die Motilität auch später als die Befruchtungsfähigkeit

erlischt, so kann die Spermienbeweglichkeit doch für die Beurteilung der Lebensfähigkeit und Befruchtungsfähigkeit der Samenzellen herangezogen werden. Nach **Mac Leod** müssen wir, bis das Gegenteil bewiesen ist, annehmen, daß dem Spermium Bewegungsaktivität innewohnen muß, wenn es ein Ei befruchten soll. Entsprechend dieser Prämisse würde also auch ein Ejakulat mit hoher Spermiendichte keine Konzeption herbeiführen können, wenn nicht ein gewisser Prozentsatz der Samenzellen Motilitätsaktivität zeigt.

Es ist klar, daß selbst im besten Sperma nicht alle Samenzellen aktiv beweglich sind. Ebenso klar ist, daß die Qualität der Beweglichkeit im Samen normal fertiler Männer bei verschiedenen Individuen beträchtliche Schwankungen aufweisen kann.

In welcher Beziehung steht nun der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien im Ejakulat zur Fruchtbarkeit?

Mac Leod hat die Samen von 1601 Männern untersucht. Aus den Ehen von 732 dieser Männer waren Kinder hervorgegangen, aus 869 nicht. Bei der Problemstellung der Beziehung zwischen Fertilität und der quantitativen Spermienmotilität stellte sich heraus, daß in der fertilen Gruppe der prozentuale Anteil an der jeweiligen Gesamtzahl der Fälle mit Zunahme der Hundertsätze an aktiv beweglichen Spermien ansteigt, in der infertilen Gruppe dagegen abnimmt. Wenn keine Beziehung zwischen der quantitativen Spermienmotilität und der Fertilität bestände, müßte aber der prozentuale Anteil an der jeweiligen Gesamtzahl der Fälle bei Zunahme der Prozentsätze an aktiv beweglichen Spermien in der fertilen und in der infertilen Gruppe immer der gleiche bleiben. Die Auswertung der Untersuchungen von **Mac Leod** (Tabelle 5) zeigt deutlich und nachdrücklich, daß die Chance, fertil zu sein, mit Erhöhung des Prozentsatzes an aktiv beweglichen Spermien ansteigt.

Unter 40 Prozent aktiv beweglicher Spermien ist der Beitrag der fertilen Gruppe viel geringer als man erwarten möchte. Von 40 bis 55 Prozent ist der Anteil der fertilen Gruppe nicht deutlich verschieden von dem erwarteten Betrag.

Tabelle 5

Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien	Zahl der Fälle	Prozentualer Beitrag der fertilen Gruppe zur jeweiligen Zahl der Fälle
Alle Fälle	1601	45,7 %
unter 10	35	17,1 %
10—15	53	30,2 %
20—25	68	26,5 %
30—35	98	30,6 %
40—45	155	40,0 %
50—55	382	41,4 %
60—65	465	52,9 %
70—75	259	56,8 %
80 und mehr	86	57,0 %

Mit 60 und mehr Prozent steigen die Fertilitätschancen wieder an und sind erheblich besser als normal.

Den kritischen Wert der beweglichen Samenzellen in Bezug auf die Fertilität gibt **Mac Leod** mit 40 Prozent an.

Farris gibt den minimalen Normwert mit 83 Millionen beweglichen Spermien im Ejakulat an. Er meint, daß die ABSOLUTE MOTILITÄT (= Zahl der aktiv beweglichen Spermien mal Ejakulatsvolumen) der wichtigste Faktor neben der normalen Morphologie bei der Bestimmung des Fertilitätsgrades sei. Je niedriger also die „absolute Motilität" ist, um so niedriger ist die Fertilitätspotenz des betreffenden Spermas.

Farris untersuchte das Ejakulat von 239 Patienten und fand, daß kein Samen derjenigen Männer, deren Ehe mindestens ein Kind hervorgebracht hatte, eine „absolute Motilität" unter 80 Millionen hatte. Aus dieser Feststellung schloß er, daß irgendwo unter 80 Millionen Spermien im Ejakulat die Trennungslinie zwischen fertil und infertil liegen müsse. Er berichtet, daß er später die Richtigkeit dieser Vermutung immer wieder bestätigt fand. Nur 3 Prozent seiner untersuchten Fälle mit einer absoluten Motilität unter 80 Millionen hatten mindestens ein Kind gezeugt. Er glaubt, daß diese 3 Prozent auf Kosten der Möglichkeit gingen, daß ein Spermium eines subfertilen Samens doch gelegentlich einmal den Weg zum Ovum findet. In diesen 3 Prozent sind solche Fälle nicht inbegriffen, die Kinder hatten, bevor die Verschlechterung ihrer Fertilität eingetreten ist, desgleichen nicht solche Patienten, denen es nur durch strenges Einhalten bestimmter Termine und größter Sorgfalt gelungen ist, ein Kind zu zeugen.

Wie die Tabelle 6 zeigt, fand **Farris** bei Männern aus Ehen mit zwei und mehr Kindern bessere Spermienzahlen als bei solchen mit nur einem Kind. Nicht nur mehr bewegliche Spermien, sondern auch einen höheren Hundertsatz an morphologisch normalen Formen.

Tabelle 6

	Ein Kind und Schwierigkeiten, ein zweites zu zeugen	Zwei und mehr Kinder, keine Fertilitätsprobleme
Zahl der Patienten	38	11
Zahl der Untersuchungen	45	25
Gesamtzahl / ccm	124	185
aktiv bewegliche / ccm	57	72
Gesamtzahl der Spermien	496	661
absolute Motilität	221 (83—499)	292 (151—462)
Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien	45	46
Prozentsatz normaler Formen	87	91

Mit dem Ziel, ein Maß für den Fertilitätsgrad zu finden, hat **Farris** 23 Ejakulate dahingehend untersucht, daß er die absolute Motilität erstmalig nach fünftägiger Enthaltsamkeit und zum zweitenmal 24 Stunden später untersuchte. Er fand dabei, daß ein hochfertiler Mann auch bei der zweiten Ejakulation nie eine „absolute Motilität" von weniger als 80 aufwies; das heißt, daß der Coitus zwei

Tage nacheinander ausgeführt werden kann, ohne daß die absolute Motilität seines Samens in den Bereich des Subfertilen gelangt. Relativ fertile Männer dagegen werden subfertil. Die Wichtigkeit dieser Erkenntnis liegt in ihrer praktischen Anwendung bei Ehepaaren mit Fertilitätsproblemen.

Tabelle 7

Zahl der beweglichen Spermien in Millionen im Ejakulat = „absolute Motilität"	Zahl der Patienten	Absolute Motilität		Geschätzter Fertilitäts-grad
		1)	2)	
mehr als 185	10	244	139	hochfertil
80—185	6	138	76	relativ fertil
unter 80	7	59	42	subfertil

Abgesehen davon, daß die Einteilung in hochfertil, relativ fertil und subfertil zu willkürlich ist, fand **Mac Leod,** daß bei Heranziehung der „absoluten Motilität" als Fertilitätsindex 30 Prozent seiner sicher fertilen Patienten subfertil sein müßten. Ein Drittel aller Fälle ist aber eine zu hohe Zahl, als daß man eine „zufällige" Schwangerschaft annehmen könnte. Deshalb ist einleuchtend, daß die „absolute Motilität" nicht, zumindest nicht allein als Fertilitätsindex zu verwenden ist.

Moench, der Hauptverfechter der Bedeutung der Morphologie als einzig charakterisierender Faktor, meint, daß die Motilität überhaupt kein Kriterium für die Beurteilung der Fertilität sei und verweist in diesem Zusammenhang besonders auf die temporäre Unbeweglichkeit der Spermien. Er behauptet, daß auch bei niedrigem Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenzellen eine Imprägnation ohne weiteres möglich sei, wenn die Morphologie gut ist. An anderer Stelle allerdings gibt er zu, daß die Beweglichkeit wohl nur deshalb vorhanden sein wird, weil sie gebraucht wird. Er weist jedoch ausdrücklich darauf hin, daß man aus der Motilität keinerlei Befruchtungskraft herauslesen darf und verweist hierbei auf den Umstand, daß bei tierischen Mischlingen die Spermien zwar oft beweglich aber nie befruchtungsfähig seien. Er verweist weiter darauf, daß nicht alle Samenfäden zur gleichen Zeit beweglich seien und daß es viele hochfertile Männer gäbe, deren Ejakulat nie mehr als 50 Prozent beweglicher Spermien aufweist — was seine Anschauung aber in keiner Weise irgendwie beweist.

Mac Leod fand, daß nicht nur die quantitative, sondern auch die qualitative Motilität der Spermien für die Fertilität von größerer Bedeutung ist als die Dichte bzw. die Zahl der Samenfäden, falls letztere ein Minimum der Norm ausweist.

Die Tabelle 8 nach **Mac Leod** zeigt folgendes:

Wenn es keine Beziehung zwischen Motilitätsqualität und Fertilität gäbe, müßte die fertile Gruppe der untersuchten Fälle zu allen Qualitätsgraden den gleichen Anteil beisteuern. Dies ist aber nicht der Fall. Da der Beitrag der fertilen Gruppe bis zu Werten von 2 ansteigt, so besagt dies, daß

eine Beziehung zwischen Bewegungsqualität und Fertilität bestehen muß.

Der Anteil der fertilen Gruppe bleibt von 2 bis zum Werte 3 + konstant

und steigt dann bei noch besseren Bewegungsqualitäten erneut an. Daraus ist aber zu entnehmen, daß

sich unter einer Bewegungsqualität von 2 die Chancen einer Konzeption vermindern. (Nach **Mac Leod**.)

Tabelle 8

Motilitätsqualität	Zahl der Fälle	Prozentualer Beitrag der fertilen Gruppe zur jeweiligen Zahl der Fälle
Alle Fälle	1601	45,7 %
unter 1	45	17,8 %
1 + bis 2—	67	23,9 %
2	81	38,3 %
2 +	109	40,4 %
3—	119	38,7 %
3	549	49,2 %
3 +	391	46,3 %
über 3 +	240	56,7 %

Die qualitative Motilität ist also ein sehr wesentliches Charakteristikum für die Beurteilung der Fertilität.

Die Spermien müssen sich mit einer entsprechenden Geschwindigkeit und Richtung vorwärts bewegen, um das Ei erreichen zu können. Dies ist bei einem normalen Spermium stets der Fall. Bei subfertilem Sperma bewegen sich die Spermien zum Teil langsamer und neigen dazu, ihre Richtung zu ändern. **Farris** zeigte durch mikrokinematographische Aufnahmen, daß in solchen Fällen die Samenfäden zum Teil ausgesprochen träge sind und sich eventuell nur oszillatorisch oder im Kreise bewegen. Er fand auch, daß die Richtung und die Geschwindigkeit bei denjenigen Spermata am besten sind, bei denen die Mehrzahl der anderen Charakteristika normal ist. **Farris** zeigte, daß das zeitliche Intervall zwischen dem Beginn zweier Undulationswellen, beginnend am Körperende der Spermien und zum Schwanzende laufend, in direkter Proportion zum Motilitätstyp steht.

Nach mehreren kurz aufeinanderfolgenden Samenergüssen sinkt die Zahl der beweglichen Samenzellen ab, um sich nach einigen Tagen der Enthaltsamkeit wieder zu normalisieren. Nach **Dietz** ist diese Tatsache die Folge der kurzen Aufenthaltsdauer der Spermien im Nebenhoden, sowie einer Motilitätsminderung durch nicht ausgereifte Formen, also eine Ausreifungshemmung.

Farris hat die Auswirkung der Ejakulationshäufigkeit auf die Daten der Samenuntersuchung mehrerer Versuchsreihen festgestellt. (Einzelheiten siehe Farris, Human fertility & problems of the male.) Die wichtigsten Folgerungen aus seinen Versuchsergebnissen sind folgende:

1. Ein Minimum von fünf Tagen Enthaltsamkeit ist für die meisten Menschen erforderlich, um ihren maximalen Fertilitätsgrad zu erreichen;

2. Tägliche Ejakulation oder alternativ jeden zweiten Tag reduziert den relativ fertilen Mann zum subfertilen;
3. Zweimaliger Coitus (innerhalb 6—8 Stunden) um den Ovulationstermin ist bei vorher geübter Enthaltsamkeit von fünf Tagen eine wirkungsvolle Methode, um die Frau eines relativ oder subfertilen Mannes zur Schwangerschaft zu bringen.

Nach **Farris** müssen also subfertile Männer, um eine Konzeption herbeiführen zu können:

1. Den Ovulationstermin ihrer Frau ziemlich genau kennen;
2. Vor dem betreffenden Coitus um den Ovulationstermin fünf Tage lang Enthaltsamkeit wahren, um eine entsprechende „absolute Motilität" im Ejakulat zur Verfügung zu haben.

Farris hat für die Fertilitätsbeurteilung vor allem die Spermiendichte und die „absolute Motilität" als wesentliche Kriterien herangezogen. Bereits oben wurde aber festgestellt, daß das Fertilitätspotential über einer Spermienzahl von 20 Mill/ccm nicht proportional mit dem Ansteigen der Spermienzahl sich erhöht; ferner, daß die „absolute Motilität" nicht, zumindest nicht allein als Fertilitätsindex verwendet werden darf und daß die Spermienmotilität ein sehr wesentliches Charakteristikum für die Fertilitätsbeurteilung ist. **Mac Leod,** der ebenfalls den Einfluß der Ejakulationshäufigkeit auf die verschiedenen Samencharakteristika untersuchte, fand nun heraus, daß der Hundertsatz an aktiv beweglichen Spermien nach drei Tagen Enthaltsamkeit seinen höchsten Wert erreicht hat, bei längerer Enthaltsamkeit aber abfällt. Zwischen Motilitätsqualität und Ejakulationshäufigkeit fanden weder **Farris** noch **Mac Leod** irgendwelche Beziehungen *).

Wegen der engen Beziehung zwischen Bewegungsaktivität der Spermien und dem Fertilitätspotential muß daher angenommen werden, daß bei dreitägiger Enthaltsamkeit die maximalen Befruchtungschancen gegeben sind. Eine länger dauernde Enthaltsamkeit dagegen dürfte, da sie mit einer Abnahme des Hundertsatzes an aktiv beweglichen Spermien verbunden ist, mit einer Abnahme des Fertilitätspotentials verbunden sein. Niedrige Spermienzahlen / ccm (vorausgesetzt, daß das Minimum der Norm nicht unterschritten wird) mit einem höheren Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien sind nämlich mit Fertilität besser vereinbar als hohe Spermienzahlen mit niedrigem Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien.

Bei Männern mit oligospermem Samen (von 1 bis 25 Millionen Spermien / ccm) verbessern sich mit wachsender Zeit der Enthaltsamkeit die Spermienzahlen, wobei allerdings bei einer Enthaltungsdauer unter sechs Tagen keine wesentliche Verbesserung der Spermienzahl erreicht werden kann. Andererseits ist aber eine Enthaltsamkeit von mehr als sechs Tagen völlig ungeeignet, die Samenqualität zu verbessern, weil der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien schon nach zwei bis drei Tagen absinkt. Wahrscheinlich ist ja die Oligospermie auf eine Fehlfunktion der germinativen Epithelien zurückzuführen. Anscheinend können die weniger widerstandsfähigen Spermien bei Oligospermie einen länger dauernden Aufenthalt im Speicherorgan nicht überleben, so daß also auch bei

*) Das Ejakulationsvolumen und die Zahl der Spermien nehmen bei steigender Enthaltsamkeitsdauer etwa bis 10 Tage zu. Zwischen Morphologie und Enthaltsamkeit bestehen keine Beziehungen.

Oligospermie eine Enthaltsamkeit von drei bis vier Tagen beim Durchschnitt mehr zu einer guten Samenqualität beiträgt als länger dauernde Enthaltsamkeit.

Zusammenfassend kann also über die Beziehung zwischen Fertilität und Motilität folgendes gesagt werden:

1. Ohne Beweglichkeit der Samenzellen kann es wahrscheinlich keine Befruchtung geben;
2. Auch ein Ejakulat mit hoher Spermienzahl kann keine Konzeption herbeiführen, wenn nicht ein gewisser Prozentsatz der Spermien Motilitätsaktivität zeigt;
3. Die Chance fertil zu sein, steigt mit dem Hundertsatz an aktiv beweglichen Spermien an — kritischer Wert 40 Prozent;
4. Die qualitative Motilität ist ein sehr wesentliches Charakteristikum für die Beurteilung der Fertilität. Unter einer Bewegungsqualität von 2 verringern sich die Chancen einer Konzeption;
5. Der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien hat nach dreitägiger Enthaltsamkeit seinen höchsten Wert erreicht. Eine Beziehung zwischen Enthaltsamkeit und qualitativer Motilität besteht nicht;
6. Niedrige Spermienzahlen — vorausgesetzt, daß 20 Mill/ccm nicht unterschritten werden — mit einem höheren Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien sind mit Fertilität besser vereinbar als hohe Spermienzahlen mit niedrigem Hundertsatz an aktiv beweglichen Samenzellen.

Die Beziehungen zwischen Morphologie der Samenfäden und Fertilität

Es ist unmöglich, hier alle charakteristischen Merkmale der Spermienmorphologie, die in der Literatur angegeben worden sind, anzuführen. Seit den Arbeiten von **Williams** und **Savage** ist die Kontroverse über die Bedeutung der verschiedenen morphologischen Abweichungen nicht mehr verstummt. Viele Autoren (**Cary, Williams, Moench, Hotchkiss, Harrey** und **Jackson, Weismann** u. a.) stimmen darin überein, daß eine Beziehung zwischen abnormer Morphologie und Infertilität besteht. Aber die Untersuchungsmethoden der einzelnen Forscher weichen so stark voneinander ab, daß **Mac Leod** sagt: „Soviele Forscher, soviele Interpretationsmethoden."

Nach **Mac Leod** ist es unmöglich, irgend eine vernünftige Analyse der Morphologie durchzuführen, wenn man die Kriterien aller Beobachter als Basis für die Abnormitäten nimmt. Er bezeichnet nur die am meisten veränderten Formen als wirklich abnorme Samenfäden, in dem Sinne, daß die Fähigkeit jeder einzelnen Samenzelle, das Ei zu befruchten, zu verneinen ist.

„Solange wir die befruchtungsfähigen Typen nicht genau zu klassifizieren vermögen, solange dürfen wir auch dogmatisch keine sicheren Typen festlegen, die es nicht können sollen" (**Mac Leod**). Wir können höchstens hoffen, daß, wenn alle anderen Charakteristika außer der Morphologie gut sind und wenn einzelne besonders abnormen Spermientypen überwiegen, diese daran schuld sind, wenn ein Verfehlen der Konzeption oder ein habitueller Abortus eintritt.

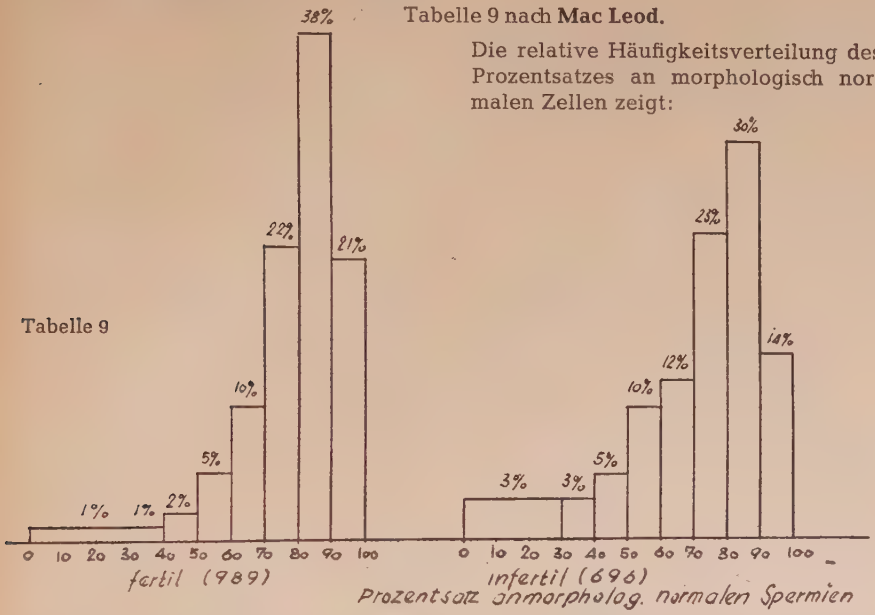
Kurze Einteilung: oval (normal), groß, klein, spitz zulaufend, amorph, duplikat.

Dazu kommen noch unreife Zellen, die aber im Ejakulat nur sehr selten vorhanden sind und nie genau von anderen Zellen, wie Leukocyten und Epithelzellen, unterschieden werden können.

Tabelle 9

Tabelle 9 nach **Mac Leod.**

Die relative Häufigkeitsverteilung des Prozentsatzes an morphologisch normalen Zellen zeigt:



Bei niedrigerem Hundertsatz als 60 Prozent an morphologisch normalen Spermien ist der Beitrag der fertilen Gruppe nur 9 Prozent, verglichen mit 21 Prozent der infertilen Gruppe.

Tabelle 10

Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien	Beitrag der fertilen Gruppe	Prozentualer Beitrag der fertilen Gruppe zur jeweiligen Zahl der Fälle
Alle Fälle	50,5	1958 %
30	22,2	36 %
30—39	33,3	39 %
40—49	27,9	61 %
50—59	33,8	154 %
60—69	47,1	223 %
70—79	49,1	438 %
80—89	55,8	667 %
90 und mehr	60,9	340 %

Die Tabelle 10 zeigt die Daten der Tabelle 9 in der Weise, daß man die Beziehungen zwischen Morphologie und Fertilität leicht erkennen kann. Wenn nämlich keine Beziehung bestünde, würde man 50 Prozent als Anteil der fertilen Gruppe in jeder Spalte erwarten müssen. Das trifft aber nicht zu. Unter 30 Prozent morphologisch normaler Zellen sind es nur 22 Prozent, statt der erwarteten 50 Prozent. Oberhalb 30 Prozent steigt der Beitrag der fertilen Gruppe ständig, bis bei 90 Prozent und mehr an morphologisch normalen Samenfäden 60,9 Prozent erreicht sind. Das heißt aber,

> daß die Wahrscheinlichkeit, fertil zu sein, bei höheren Prozentsätzen an morphologisch normalen Spermien größer ist, als bei niedrigeren Prozentsätzen.

Der kritische Wert für die morphologisch normalen Samenzellen liegt nach **Mac Leod** und **Farris** bei oder unter 60 Prozent an morphologisch normalen Zellen. (Vgl. Tabelle 10.)

	Prozentualer Anteil in fertiler Gruppe	infertiler Gruppe
oval	79 %	74 %
groß	1 %	2 %
klein	8 %	9 %
spitz zulaufend	4 %	4 %
duplikat	1 %	1 %
amorph	7 %	10 %

Abbildung 11

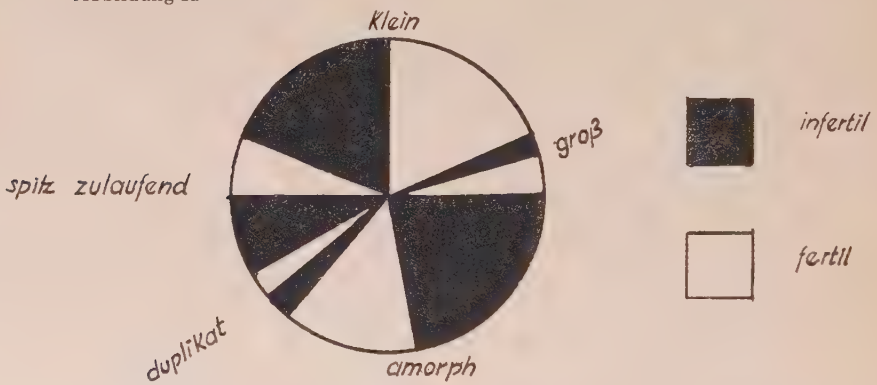


Abb. 11 zeigt die Verteilung der abnormen Formen in fertiler und infertiler Gruppe im Durchschnittsbild (nach **Mac Leod**). Die am häufigsten vorkommenden Typen sind die kleinen und die amorphen Zellen. Zwischen fertiler und infertiler Gruppe besteht bei den Durchschnittswerten kein scharfer Unterschied. Obwohl es überhaupt nur wenige sind, kommen nach **Mac Leod** die großen Typen hauptsächlich von der infertilen Gruppe.

Moench glaubt, daß in der Spermienkopfmorphologie diagnostische Informationen über die Beschaffenheit der endgültigen Konzeptionskraft zu finden

sind. Ja, er behauptet sogar, daß die Fertilität allein ein Problem der Morphologie sei. Die Morphologie sei nur durch Einflüsse wie Krankheit, Alter und so fort beeinflußbar und sei während des zeugungsfähigen Alters so konstant und beweisend „wie der Fingerabdruck" für das betreffende Individuum. Die Spermien seien von Anfang an verändert. Wenn aber defekte Spermien aus solchen entstehen, die noch keine auffälligen Veränderungen zeigen, so wäre der Schluß berechtigt, daß Spermien auch abnorm sein können, wenn sie ihrer Form nach noch normal aussehen. Nach **Moench** äußern sich nur die markantesten Dysfunktionen der Spermien in einer Formänderung. Der Grad der Fertilitätsstörung drückt sich also nach **Moench** relativ in der prozentualen Zahl der sichtlich veränderten Spermatozoen aus. „Ein wenig günstiger Boden wird sich durch Fruchtanomalien kundtun und je schlechter der Boden ist, um so schlechter wird auch die Ernte sein." Die Fruchtanomalien zeigen sich nach **Moench** in abnorm aussehenden Früchten und in normal aussehenden, die aber meist nicht „keimen", weil ihnen die letzte Lebensfunktion fehlt. **Broman** schließt weiter: weniger abnorme Spermien können eine Konzeption ermöglichen, aber unter Umständen das Austragen der Frucht oder die normale Ausbildung des Kindes nicht mehr zustande bringen. Prognostisch sind nach **Moench** die schmalen und hinten sich verjüngenden Spermienköpfe die ungünstigsten Veränderungen. **Belonoschkin** beschreibt auch bei normal fertilen Männern abweichende Formen, mit Abweichungen vor allem der Kopfform. Auch **Broman** hebt hervor, daß atypische Zellen höchstwahrscheinlich beim Menschen auch physiologischerweise vorkommen. Ein abweichendes morphologisches Bild muß also nicht immer pathologisch sein.

Wenn **Belonoschkin** auch das Grundsätzliche des Moench'schen Postulates anerkennt, nämlich daß das Überwiegen „pathologischer" Formen ein Zeichen herabgesetzter Fertilität des betreffenden Spermas sein kann, so sprechen jedoch seine klinischen und biologischen Beobachtungen nicht dafür, daß die Fertilität nur durch die Angabe der Zahl der abnormen Formen ausgedrückt werden kann und darf. Inwieweit die Anwesenheit beziehungsweise das Fehlen des Fermentes Hyaluronidase als normal beziehungsweise pathologisch in Bezug auf die Fertilität angesehen und bewertet werden kann, läßt sich heute noch nicht sagen. Dieses Problem steht aber im Mittelpunkt des Interesses.

> Der jeweilige Zustand sei, wie auch **Moench** sagt, abhängig von der Spermiogenese, zusätzlich aber von einer Reihe von endogenen und exogenen Faktoren.

Abschließend sei gesagt, daß, wenn auch viele Forscher die Morphologie als wichtigen Faktor der männlichen Fertilität betrachten, ein vollständiges Einverständnis darüber erst einmal vorhanden sein muß, was eine normale, was eine abnormale Samenzelle denn konstituiert. Bis heute besteht keine Übereinstimmung in der Beurteilung der morphologisch abwegigen Formen.

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Dichte

Mac Leod beobachtete 1000 fertile und 1000 infertile Männer und fand, daß in der fertilen Gruppe keine signifikante Beziehung zwischen Volumen und Dichte des Spermas besteht. Wohl aber in der infertilen Gruppe. Die Tabelle 12 zeigt deutlich, daß in der infertilen Gruppe höhere Volumina mit niedrigeren Dichten vergesellschaftet sind.

Tabelle 12

	Ejakulats-volumen in ccm	Zahl der Fälle	Dichte in Mill/ccm unter 40	40—79	80—139	140 u. mehr
Fertile Gruppe	unter 2,4	291	17 %	21 %	31 %	31 %
	2,4—3,3	266	14 %	28 %	31 %	27 %
	3,4—4,4	213	17 %	28 %	35 %	20 %
	4,5 und mehr	230	17 %	32 %	27 %	24 %

	Ejakulats-volumen in ccm	Zahl der Fälle	Dichte in Mill/ccm unter 40	40—79	80—139	140 u. mehr
Infer-tile Gruppe	unter 2,4	253	26 %	21 %	24 %	29 %
	2,4—3,3	235	23 %	24 %	31 %	22 %
	3,4—4,4	235	36 %	24 %	24 %	16 %
	4,5 und mehr	277	34 %	27 %	25 %	14 %

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Motilität

(nach Mac Leod)

In der infertilen Gruppe bestehen keine derartigen Beziehungen. In der fertilen Gruppe wurde die beste Motilitätsqualität zwischen 2 und 5 ccm Ejakulatsvolumen beobachtet, weniger gute Motilität bei niedrigeren Volumina als 2 ccm und höheren als 5 ccm.

Die Beziehungen zwischen Bewegungsqualität und Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenfäden in fertiler und infertiler Gruppe

(nach Mac Leod)

Die Abb. 13 zeigt den Durchschnittsprozentsatz an aktiv beweglichen Spermien bei verschiedenen Motilitätsqualitäten für die fertile und die infertile Gruppe:

a) für den Durchschnitt an aktiv beweglichen Spermatozoen;

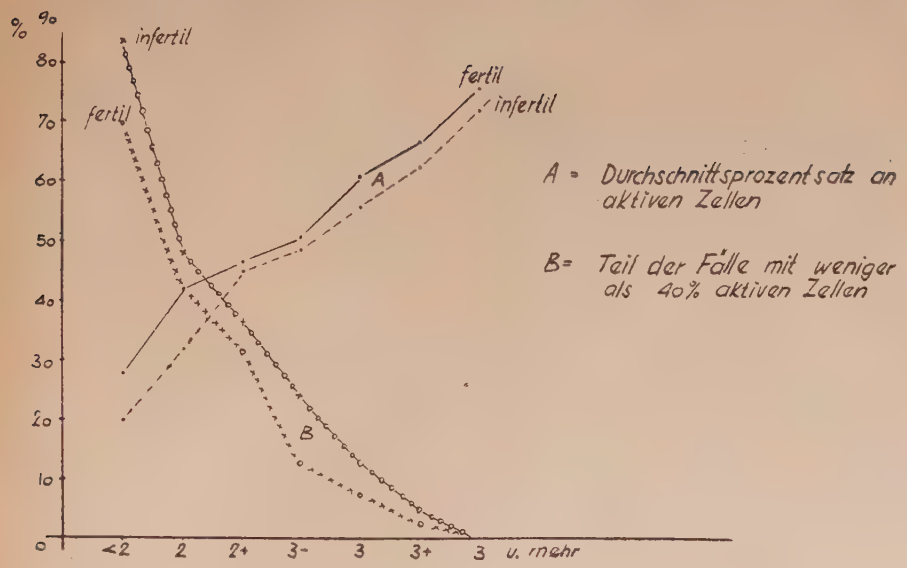
b) für den Teil der untersuchten Fälle, die weniger als 40 Prozent aktiv bewegliche Spermien aufweisen.

In a) wächst der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien mit der anwachsenden Motilitätsqualität beständig an;

in b) nimmt der Prozentsatz an beweglichen Zellen ab, wenn sich die Bewegungsqualität verbessert.

Für irgend eine Motilitätsqualität ist der Durchschnittsprozentsatz an aktiv beweglichen Zellen in der fertilen Gruppe höher als in der infertilen Gruppe,

Abbildung 13



der Prozentsatz an beweglichen im Falle b) niedriger in der fertilen als in der infertilen Gruppe.

Die Beziehungen zwischen Motilitätsqualität und Spermiendichte

(nach Mac Leod)

Tabelle 14

Dichte		Zahl der Fälle	Motilitätsqualität			
			unter 2	2 bis 3—	3 bis 3+	3+ u. m.
Fertile Gruppe	unter 20 Mill/ccm	32	28 %	35 %	31 %	6 %
	20—39 Mill/ccm	84	8 %	36 %	46 %	10 %
	40 Mill/ccm u. m.	616	1 %	13 %	65 %	21 %
Infer-tile Gruppe	unter 20 Mill/ccm	123	41 %	32 %	25 %	2 %
	20—39 Mill/ccm	124	19 %	25 %	51 %	5 %
	40 Mill/ccm u. m.	622	2 %	19 %	64 %	15 %

Eine Neigung der Bewegungsqualität sich mit anwachsender Dichte zu verbessern, besteht bis herauf zu einer Dichte zwischen 80 und 100 Mill/ccm. Die größten Unterschiede zwischen fertiler und infertiler Gruppe liegen, bezogen auf die Dichte, unter 40 Mill/ccm. Bei jeder Dichte ist die Qualität der Bewegung in der fertilen Gruppe besser als in der infertilen Gruppe.

Die Beziehungen zwischen Dichte und Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien

(nach Mac Leod)

Unter 20 Mill/ccm Dichte ist nach **Mac Leod** der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien am niedrigsten. Von 20 bis 39 Mill/ccm Dichte deutlich besser als bei unter 20 Mill/ccm, aber deutlich schlechter als bei 40 bis 60 Mill/ccm. Von 40 Mill/ccm Dichte aufwärts keine signifikante Verbesserung mehr.

Bei jeder Dichte ist der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien in der fertilen Gruppe besser als in der infertilen.

Die Beziehungen zwischen Dichte und Morphologie

Tabelle 15

	Dichte in Mill/ccm	Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien			
		unter 60	60—79	80—89	90—99
Fertile Gruppe	unter 20	21 %	35 %	32 %	12 %
	20—39	22 %	42 %	27 %	9 %
	40—79	12 %	46 %	30 %	12 %
	80 u. mehr	4 %	24 %	44 %	28 %
Infertile Gruppe	unter 20	41 %	42 %	13 %	4 %
	20—39	30 %	43 %	24 %	3 %
	40—79	25 %	39 %	27 %	9 %
	80 u. mehr	9 %	29 %	40 %	22 %

Herauf bis zu einer Dichte von 100 Mill/ccm wächst der Durchschnittsprozentsatz an morphologisch normalen Spermien mit anwachsender Dichte sowohl in der fertilen als auch in der infertilen Gruppe an. Bei jeder Dichte ist die Morphologie der fertilen Gruppe besser als die der infertilen. Tatsächlich ist die Morphologie bei unter 20 Mill/ccm Dichte in der fertilen Gruppe besser als die bei einer Dichte von 40 bis 79 Mill/ccm in der infertilen Gruppe. Die deutlichsten Unterschiede der beiden Gruppen im Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien liegen bei Dichten unter 20 Mill/ccm.

Die Beziehungen zwischen Ejakulatsvolumen und Morphologie

Sowohl in der fertilen, als auch in der infertilen Gruppe fällt die morphologische Qualität mit dem Anwachsen des Ejakulatsvolumens ab. In der fertilen Gruppe wächst der Anteil der Fälle mit unter 60 Prozent normalen Zellen bei über 6 ccm Volumen an.

Die Beziehungen zwischen Morphologie und Motilität

(nach Mac Leod)

Tabelle 16

	Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien	Prozentsatz aktiv beweglicher Spermien			
		unter 40	40—55	60—65	70 u. m.
Fertile Gruppe	unter 60	22 %	33 %	26 %	19 %
	60—79	13 %	36 %	29 %	22 %
	80—89	5 %	28 %	38 %	28 %
	90—99	6 %	23 %	36 %	36 %
Infertile Gruppe	unter 60	35 %	40 %	14 %	11 %
	60—79	22 %	39 %	26 %	13 %
	80—89	10 %	37 %	31 %	22 %
	90—99	19 %	32 %	27 %	22 %

In fertiler und infertiler Gruppe steigt der Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenzellen mit steigendem Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien an. Weiterhin zeigt die Tabelle 16, daß bei verschiedenen Prozentsätzen an morphologisch normalen Spermien der Hundertsatz an aktiv beweglichen Spermien in der fertilen Gruppe besser ist als in der infertilen. Ferner ist der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien in der schlechtesten morphologischen Gruppe (unter 60 Prozent morphologisch normale Zellen) der fertilen Samen schließlich ebenso gut, wie der von 60 bis 79 Prozent an morphologisch normalen Zellen in der infertilen Gruppe.

Wenn man die Morphologie mit der Motilitätsqualität vergleicht, so wird nach **Mac Leod** grundsätzlich die gleiche Beziehung gefunden. Nach der oben erwähnten Beziehung zwischen Motilitätsqualität und Motilitätsquantität ist dies auch gar nicht verwunderlich. Die Abnormität der Morphologie wächst also mit dem Absinken der Dichte an aktiv beweglichen Spermien.

Die Beziehungen zwischen den einzelnen bedeutsamen Faktoren der Spermaanalyse in Bezug auf die Fertilität finden ihre Bestätigung auch in den Ergebnissen einer Untersuchungsreihe von **Farris** (Tabelle 17). Wenn die Versuchsauswertung auch ganz anders als bei **Mac Leod** gehandhabt wurde und insbesondere das Wesentliche der einzelnen Beziehungen nicht so deutlich herausgestellt wurde, so geht doch klar daraus hervor, daß fast alle Faktoren, die für die Fertilitätsbeurteilung aus der Samenuntersuchung von Bedeutung sind, sich mit steigender Motilität verbessern.

Der Einfluß des Ermüdungsfaktors auf die Zahl der beweglichen Spermien

Die weitverbreitete Annahme, daß körperliche Ermüdung die Fruchtbarkeit der Männer beeinflusse, hat sich durch Untersuchungen von **Farris** nicht bestätigen lassen. Trotz objektiv nachgewiesener körperlicher Ermüdung (Blutbild: relative

Vermehrung der Lymphocyten gegenüber den Granulocyten) stieg nach den Untersuchungsergebnissen von Farris die absolute Motilität an.

Desgleichen ließ sich kein Einfluß der geistigen Ermüdung auf die absolute Motilität nachweisen; ganz abgesehen davon, daß man geistige Ermüdung ja nicht objektiv nachweisen kann.

Tabelle 17

	Absolute Motilität in Millionen mehr als 80		unter 80	
	1	2	3	4
Zahl der Patienten	57	71	81	12
Zahl der Untersuchungen	66	94	112	18
Ejakulatsvolumen	4,7	3,9	3,5	3,4
Gesamtspermienzahl / ccm	154,3	98	52	—
Dichte der akt. bew. Spermien	68	38	12	—
Gesamtzahl der Spermien	611	346	155	—
Absolute Motilität	283	129	37	—
Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien	44	40	26	—
Prozentsatz morphologisch normaler Spermien	90	88	70	—
Geschätzter Grad der Fruchtbarkeit	hochfertil	relativ fertil	subfertil	steril Azoospermie

ZUSAMMENFASSUNG

Die Chancen für eine Konzeption steigen bis zu einem gewissen Punkt mit Erhöhung der Dichte. Der kritische Wert der Spermiendichte liegt bei oder unter 20 Mill/ccm. Wir müssen nach **Mac Leod** annehmen, daß die „wirkliche Infertilität" bei 20 Mill/ccm Spermiendichte absteigend beginnt. Über dem kritischen Wert der Spermiendichte wachsen die Chancen einer Konzeption nicht proportional dem Anwachsen der Dichte und auch gar nicht so bedeutend an. Allein auf die Basis der Dichte bezogen, hat ein Samen mit 40 Mill/ccm Dichte kein höheres Fertilitätspotential als ein solcher mit der Dichte 140 Mill/ccm.

Farris gibt die absolute Motilität als bedeutendsten Faktor an. Bei einer absoluten Motilität von unter 80 Millionen besteht nach Farris Subfertilität. **Mac Leod** berichtet, daß bei Anwendung der absoluten Motilität als Fertilitätsindex 15 bis 30 Prozent seiner sicher fertilen Männer subfertil sein müßten. Er glaubt, daß man bei diesem relativ hohen Prozentsatz nicht von zufälliger Schwangerschaft sprechen kann.

Mac Leod gibt als kritische Gesamtzahl 50 Millionen Spermien an. Die Werte, die von **Hotchkiss, Falk** und **Kaufmann** angegeben wurden, stimmen im wesentlichen damit überein.

Der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien erreicht selbst bei gutem Befund im Ejakulat nie 100 Prozent. 75 Prozent ist gut, zwischen 50 und 60 Prozent

liegt nach **Mac Leod** der Durchschnitt. Der kritische Wert liegt nach **Mac Leod** und **Farris** bei 40 Prozent an aktiv beweglichen Spermien.

Zwischen Bewegungsaktivität und Fertilität besteht eine strenge Beziehung, sowohl für den Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien, als auch für die Bewegungsqualität. Über einer Spermiendichte von 20 Mill/ccm fand **Mac Leod** keine strenge Beziehung zwischen Dichte und Fertilität. Da seine Untersuchungen an einem sehr umfangreichen Material vorgenommen wurden und da seine Untersuchungsergebnisse die oben genannten Beziehungen gut belegen, dürfte damit die oft mit Nachdruck genannte Behauptung, daß die Spermiendichte sehr wichtig sei und als Fertilitätsindex verwendet werden könne, entkräftet sein. Zumindest trifft diese Behauptung über den kritischen Wert der Spermiendichte nicht zu. Dies erhöht die Bedeutung der Beziehungen zwischen Bewegungsaktivität und Fertilität. Es erhebt sich nun noch die Frage: Ist der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien oder die Bewegungsqualität von größerer Bedeutung? Selbst **Mac Leod,** der Hauptverfechter einer hervorragenden Bedeutung der Motilität, kann diese Frage nicht klar beantworten. Nach **Mac Leod** besteht aber, ohne Berücksichtigung der Dichte, eine Beziehung zwischen dem Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien und der Bewegungsqualität dahingehend, daß in der fertilen Gruppe die beiden Aspekte der Bewegung jeweils einen Mangel des anderen kompensieren können.

Die Chancen einer Konzeption wachsen mit dem Ansteigen der qualitativen und quantitativen Motilität an. Die Bewegungsqualität soll nach **Mac Leod** mindestens den Wert 2 haben.

Die verschiedenen Autoren stimmen darin überein, daß die Morphologie ein wichtiger Faktor für die Beurteilung der Fertilität ist; und sei es auch nur insofern, als sie darauf bestehen, daß in jedem Falle eine morphologische Untersuchung vorgenommen werden sollte. Da ist besonders **Moench,** der die Morphologie der Spermien als überaus bedeutsam für die männliche Fruchtbarkeit deklariert und genau festgelegte Grenzen zulässiger Abnormität schuf, ohne Berücksichtigung der anderen Aspekte der Samenqualität. Er sagt: „Ein Mann ist steril, wenn ein Maximum von 25 Prozent abnormer Formen in seinem Samen überschritten wird. **Williams** dagegen gibt den kritischen Wert mit 40 Prozent an abnormen Formen an.

Wie bereits erwähnt, muß man aber, wenn solche Kriterien der männlichen Fertilität angenommen werden sollen, sich völlig darüber einig sein, was ein abnormes Spermium ausmacht. Die von **Moench** angegebene Möglichkeit, mit Hilfe der Biometrie Veränderungen der Nukleärsubstanz feststellen zu wollen, dürfte jedoch strenger Kritik kaum standhalten können. **Mac Leod** glaubt, daß, wenn zwei Gruppen von Untersuchern genau die gleiche Population studieren und genau die gleichen Methoden in Bezug auf die morphologische Analyse anwenden würden, sie nie übereinstimmen könnten, weil sie zu divergierende Kriterien gebrauchen.

Die meisten Autoren stimmen darin überein, daß eine Beziehung zwischen den verschiedenen Aspekten der Samenqualität besteht, das heißt, daß die Morphologie und die Motilität zum Beispiel schlechter werden, wenn die Dichte abnimmt.

Das Fertilitätspotential steigt mit Verbesserung der Morphologie an. Es steigt aber auch mit Verbesserung der qualitativen und quantitativen Motilität an. **Mac Leod** meint, wenn es sich zeigte, daß schlechte Morphologie gleichzeitig

mit träger oder keiner Motilität einhergingе, dann wäre das sehr wertvoll; denn dann könnte man die Zellen mit schlechter Morphologie insofern aus der Betrachtung ausschließen, weil sie dann ja die Nachbarschaft des Eies überhaupt nicht erreichen könnten. Der Effekt schlechter Morphologie würde dann sein, daß die Zahl der potentiell fertilen Spermien und so die Chancen einer Konzeption herabgemindert würden. Nach **Mac Leod** läßt sich im frischen, nassen Praeparat zeigen, daß gewisse Zellen von offensichtlich abnormer Morphologie geringere Bewegungsaktivität zeigen als morphologisch normale Zellen. Aber er glaubt, man könne nicht quantitativ schätzen, wie das Verhältnis der gut beweglichen oder der trägeren Spermien zu ihrer Morphologie aussieht. **Mac Leod** glaubt, daß eine direkte Beziehung zwischen Morphologie und Bewegungsaktivität dahingehend besteht, daß schlechte Morphologie wahrscheinlich mit schlechter Bewegungsaktivität einhergeht.

Trotz all dieser Erkenntnisse müssen aber weiterhin bei jeder Samenuntersuchung alle angeführten Kriterien (Dichte, Motilität und Morphologie) untersucht werden, weil allein aus dem Gesamtbild diagnostische Schlüsse auf die Fertilität gezogen werden können. Wir haben immer die Frau mit zu untersuchen und auch eine eventuelle gynaekologische Vorgeschichte mit in Betracht zu ziehen. Eine sichere Diagnose über die Fertilität eines Mannes ist aus der Samenuntersuchung in den meisten Fällen nicht möglich, es kann nur von mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit gesprochen werden, daß der betreffende Samen bei einer fertilen Frau bei normal möglichem Geschlechtsakt eine Gravidität herbeiführen oder nicht herbeiführen kann.

Als kritische Werte dürften angegeben werden:

Bewegungsqualität mindestens 2
Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien 40 Prozent
Spermiendichte 20 Mill/ccm
Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien 60 Prozent.

Bei Vorhandensein irgendwelcher Abweichungen von der Norm muß der Samen in bestimmten Zeitabständen (3 bis 4 Wochen) mehrmals untersucht werden und nur wenn die „pathologischen Befunde" sich gleichsinnig wiederholen, darf mit großer Wahrscheinlichkeit ein pathologischer Ausfall als gesichert vermerkt werden.

Der Eosin-Vitalitätstest und seine Bedeutung für die Spermaanalyse

Die Beurteilung der Spermienvitalität ist in der Untersuchung und Interpretation des Spermiogramms insofern immer ein unvollständig gelöstes Problem gewesen, als allein die Beweglichkeit als Kriterium für die Befruchtungsfähigkeit in Betracht gezogen worden ist. Die Motilität ist aber nicht das einzige Lebenskriterium. Das Fehlen der Beweglichkeit der Spermien kennzeichnet nicht unbedingt deren Tod (Wiederbelebungsversuche).

Die Faktoren, die etwas über die Qualität eines Spermas aussagen, können nicht hoch genug bewertet werden. Freilich ist es leicht, eine Normospermie oder eine Azoospermie zu diagnostizieren, was aber dazwischen liegt, ist viel schwieriger zu beurteilen. Der Eosin-Vitalitätstest ist vor allen Dingen deshalb von Bedeutung, weil die Motilitätsstudien infolge ihrer technischen Mängel oft

ungenau sind. **Blom** hat diese Methode der Vitalitätsprüfung zur Unterscheidung zwischen lebenden und toten Spermien erstmals bei Bullensperma angewandt. **Williams** und **Pollak** wandten die Blom'sche Färbung erstmals bei menschlichen Ejakulaten an. Sie arbeiteten unabhängig voneinander und fanden beide, daß der Eosin-Vitalitätstest für menschliche Spermien genau so definitiv und präzis ist, wie für Bullenspermien.

Diese neue Methode der Spermien-Vitalitätsprüfung basiert auf der Tatsache, daß wässerige Eosinlösung die Zellmembranen toter und praemortal geschädigter Zellen durchdringt und diese rot anfärbt, während die Eosinlösung lebende Zellmembranen nicht passieren kann. **Heinke** glaubt, daß dieser Effekt auf einer toxischen Wirkung des Farbstoffes beruht, wobei eine Plasmaschädigung erfolgt. Wahrscheinlich werden aber auch nach **Heinke** nur tote und praemortal geschädigte Spermien mit saueren Farbstoffen angefärbt. Es ist nach **Heinke** anzunehmen, daß es sich bei den rot angefärbten Spermien um abgestorbene, bei den nicht angefärbten um lebende Spermien handelt; denn von keinem der Forscher, die sich mit diesem Test beschäftigten, wurde eine Abweichung von folgenden Tatsachen festgestellt:

1. Nie wurde Rotfärbung beobachtet, solange noch Beweglichkeit festzustellen war;
2. Niemals wurde auch nur die geringfügigste Bewegung bei rot gefärbten Spermien festgestellt;
3. Abgetötete Spermien, die nicht mehr als lebensfähig zu betrachten waren, färbten sich immer einheitlich rot an;
4. Anfänglich noch ungefärbt gebliebene Spermien färbten sich im Ausstrichpräparat nach Verlust ihrer Lebensfähigkeit infolge Austrocknung einheitlich rot an;
5. Auch im Deckglaspräparat nahmen die Spermien eine gewisse Zeit nach dem Sistieren der Motilität immer Rotfärbung an.

Williams und **Pollak** erkannten die Bedeutung des Eosintestes für die Unterscheidung von unbeweglich lebenden und unbeweglich toten Spermien. Durch diese Methode ist es also möglich, die unbeweglich lebenden Spermien zu identifizieren, deren Bedeutung sicherlich bis vor kurzem unterschätzt worden ist.

Williams und **Pollak** fanden, daß die Summe aus eosingefärbten Spermien im Präparat aus möglichst frischem Ejakulat bei einem normal fertilen Mann und der auf die verschiedenste Art und Weise bestimmte Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien immer nahezu 100 Prozent beträgt. **Burgos** und **Paola** geben an, daß bei einem normal fertilen Mann bei möglichst frischer Untersuchung die gefärbten toten Spermien nur 0 bis 5 Prozent ausmachen. Dies trifft aber nur für den normal fertilen Mann mit einer Motilität über 90 Prozent zu. **Leeb** und **Rennhofer** wiesen nämlich an Hand von Untersuchungen an Samen von 80 Männern nach, daß der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien und ihr korrespondierender Wert, nämlich der Prozentsatz an im Eosinpräparat ungefärbt gebliebenen Spermien, nur bei hoher quantitativer Motilität nahezu beisammen liegen, während bei niedriger quantitativer Motilität die korrespondierenden Werte in zunehmendem Maße divergieren, wenn der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien abfällt.

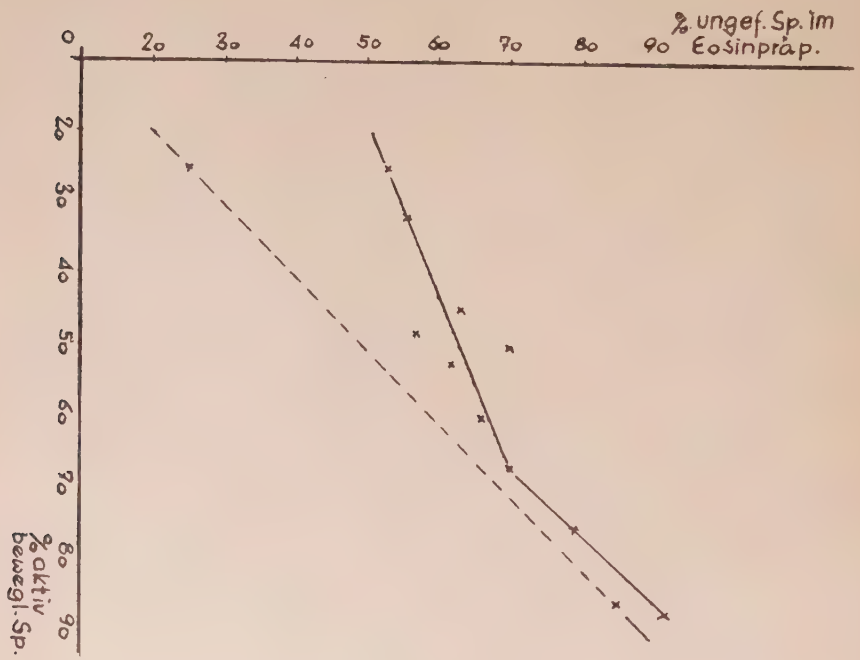
Tabelle 18

Prozentsatz aktiv beweglicher Spermien	Durchschnittsdifferenz zwischen Färbung und Zählung
30—40	32
40—50	26
50—60	21
60—70	15
70—80	14
80—90	9
90 und mehr	2,4

Leeb und **Rennhofer** wandten die von Blom angegebene Eosin-Nigrosinfärbung an.

Eigene Versuche bestätigen die Versuchsergebnisse von Leeb und Rennhofer. (Abbildung 19.)

Abbildung 19

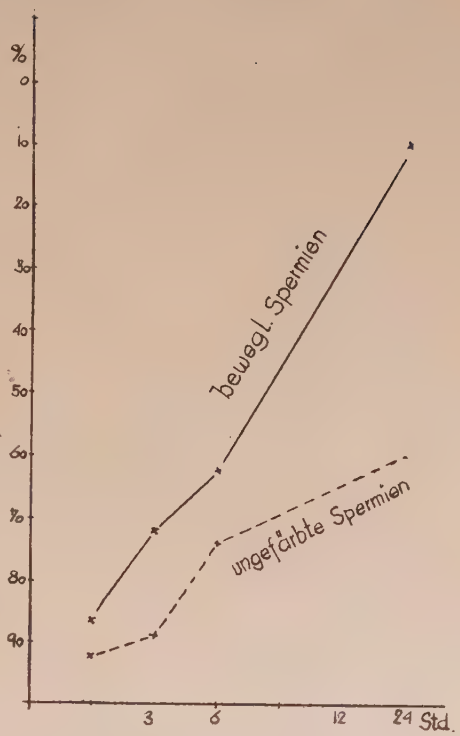


Die Erklärung dieser Tatsache ist folgende:

Mit der Zählung bestimmt man die Anzahl der beweglichen und unbeweglichen Spermien. Die Färbung dagegen gibt über die Zahl der lebenden und toten

Spermien Aufschluß. Es gibt aber noch jene Gruppe von Spermien, die wohl nicht oder nicht mehr beweglich sind, deren Zellmembranen aber, weil lebend, für das Eosin impermeabel sind, weshalb sie ungefärbt bleiben. Sie haben ein wesentliches Attribut der Vitalität, nämlich die Beweglichkeit, verloren oder erst gar nicht mitbekommen.

Abbildung 20



Nach **Williams** und **Pollak** wird, wenn man nach einer Zeit von 3 bis 4 Stunden nach der Ejakulation untersucht, die Zahl der ungefärbt gebliebenen Spermien die Zahl der beweglichen um mehr überragen, als dies ursprünglich der Fall war. Offensichtlich haben die lebenden Spermien in der Zwischenzeit zum Teil ihre Motilität verloren. Eine eigene Versuchsreihe wurde dahingehend angestellt, daß der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien und der Prozentsatz an im Eosin-Vitalitätstest ungefärbten, also lebenden Spermien 3, 6 und 24 Stunden nach der ersten Untersuchung (etwa eine halbe Stunde nach der Ejakulation) wieder bestimmt wurden. 10 Versuche zeigten gleichsinnig, daß die anfängliche Diskrepanz zwischen dem Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenfäden und dem Prozentsatz an im Eosin-Vitalitätstest ungefärbt gebliebenen Spermien im Verlaufe dieser 24 Stunden immer signifikanter wird (Abb. 20). Diese Versuche sagen auch aus, daß die Motilität eher sistiert als das Leben der Spermien. Die Motilität ist also nicht das einzige Lebenskriterium der Spermien. Selbst wenn die Beweglichkeit verloren gegangen ist, bleibt das Leben noch gewisse Zeit erhalten; und zwar bei im Kühlschrank aufbewahrtem Sperma länger als bei Raumtemperatur.

Burgos und **Paola** geben für normales Sperma bei möglichst sofortiger Untersuchung folgende Normalwerte an:

gefärbte tote Spermien 0 bis 5 Prozent
unbeweglich ungefärbte Spermien (lebend) bis 35 Prozent
beweglich ungefärbte (lebende) Spermien 60 Prozent und mehr.

Bei zeugungsunfähigen Männern mit abnormen Spermabefunden (Oligospermie, Asthenospermie) zeigen sich nach **Heinke** bei sofortiger Untersuchung höhere Prozentsätze an eosingefärbten Spermien als bei Normospermie.

Nach Anfertigung des Deckglaspräparates hört bei normalem Sperma nach etwa 3 bis 4 Stunden die Beweglichkeit auf, nach 5 bis 7 Stunden sind alle

Spermien rot angefärbt. Das Protoplasma der vitalsten Spermien scheint sehr lange lebend zu bleiben, wobei dann allerdings die Widerstandsfähigkeit auf ein Minimum gesunken ist. Die Spermien färben sich nämlich, wenn das Sperma längere Zeit aufbewahrt wurde, schon nach etwa 3 bis 4 Stunden alle rot an. Dies kann man mit abnormem Sperma vergleichen, wo ebenfalls eine erhöhte Widerstandslosigkeit der Spermien gegenüber Eosin vorhanden ist. Der Eosin-Vitalitätstest hat folgende Vorteile:

1. Die sehr einfache technische Durchführung;
2. Die sofortige Möglichkeit der Unterscheidung von lebenden und toten und darüber hinaus von unbeweglich lebenden und unbeweglich toten Spermien;
3. Ein erleichtertes Studium der Lebensdauer der Spermien;
4. Eine wertvolle Orientierung über die Morphologie ist gleichzeitig möglich. Die Form der Spermien ist nämlich im Eosinpräparat gut vom Hintergrund abgehoben und es lassen sich pathologische Formen gut von normalen unterscheiden;
5. Eine genaue Auszählung ist wegen der deutlichen Färbung und der guten Abhebung der ungefärbten Spermien gegen den Hintergrund möglich. Das macht die Eosinfärbung hochverläßlich im Gegensatz zu anderen Methoden der Auszählung.

Die Eosin-Vitalitätsprüfung läßt in Kombination mit den anderen Methoden der Spermaanalyse eine bessere und verläßlichere klinische Beurteilung der männlichen Fertilität zu.

TECHNIK DER FÄRBUNG

Untersuchung in möglichst kurzer Zeit nach der Verflüssigung des Spermas.

Färbung nach **Blom, Williams** und **Pollak:** 1 gt Spermaflüssigkeit + 2 gtt 5%ige wässerige Eosin-bläulich-Lösung vermischen, dann + 4 gtt 10%ige wässerige Nigrosinlösung vermischen und dann wie Blutausstrich ausstreichen und lufttrocknen lassen.

Das Mischen und Ausstreichen soll nicht mehr als eine Minute in Anspruch nehmen, der Ausstrich soll dünn sein, weil dann die Differenzierung der Spermien besser gewährleistet ist.

Färbung nach **Heinke:** 1 gtt 1%ige Eosin-gelblich-Lösung (Merck) + 1 gt Sperma vermischen und Ausstreichen,

oder 1 gt Sperma + 5%ige Eosin-gelblich-Lösung vermischen und mit Deckglas bedecken.

Färbung nach **Burgos** und **Paola:** 1 gt Sperma + 1 gt 0,5%ige Eosinlösung mischen und mit Deckglas bedecken. Am besten den Rand des Deckglases mit Paraffin versiegeln.

Burgos und **Paola** haben gefunden, daß die Eosinlösung, verglichen mit anderen saueren Farbstoffen, immer noch die wenigsten toxischen Nebenwirkungen zeigt. Sie verwenden 0,5%ige statt 5%ige Eosinlösung, da sie feststellten, daß höherprozentige Eosinlösungen toxisch wirken. Eigene Vergleichsuntersuchungen bestätigen dies.

Die Untersuchung der Präparate wird im Trockensystem oder mit Ölimmersion, bei hoher Dichte mit Ehrlich'scher Okularblende vorgenommen.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON ZENTRIFUGATION, AUSWASCHUNG, TEMPERATUR UND LICHT AUF DIE BEWEGLICHKEIT DER SPERMATOZOEN

Der Einfluß der Zentrifugation auf die Spermienmotilität

Die Zentrifugation wäre, wenn eine Schädigung dadurch nicht allzu groß ist, insofern von Bedeutung, als es dadurch möglich würde, auch bei schlechter Spermiendichte und schlechter Dichte an aktiv beweglichen Samenfäden durch künstliche Insemination des artifiziell so verbesserten Samens größere Chancen einer Konzeption zu erreichen.

Farris zentrifugierte 10 Minuten lang bei 1000 Umdrehungen, goß dann einen Teil der überstehenden Flüssigkeit ab, vermischte das Sediment mit der restlichen Samenflüssigkeit und untersuchte erneut. Er berichtet, daß der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien während der Zentrifugation nur um 7 Prozent gegenüber dem Ausgangswert im Vitalpräparat abnahm und daß sich auch die Bewegungsqualität der Spermien nur geringfügig verschlechterte, während eine Zunahme der Dichte umgekehrt proportional dem Ejakulatsvolumen zu verzeichnen war.

20 eigene gleichsinnige Versuche bei einer Durchschnittsdichte von 26 Mill/ccm (3,2 bis 56 Mill/ccm) und 10 Versuche bei einer Durchschnittsdichte von 85 Mill/ccm (62,5 bis 155 Mill/ccm) bestätigen das eben Gesagte. Der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien nahm im Verlauf der Zentrifugation von 10 Minuten Dauer bei 1000 Umdrehungen im statistischen Mittelwert um 6 Prozent in beiden Versuchsreihen ab (5,4 bis 6,2 Prozent — Abb. 21). Auch die Motilitätsqualität verschlechterte sich in beiden Versuchsreihen nicht signifikant (Abb. 21). Diese kurze Zeit der Zentrifugation scheint nötig zu sein, um eine stärkere Schädigung der Motilität zu vermeiden. 10 Versuche zeigten nach 25minutiger Zentrifugation eine deutliche Verschlechterung vor allem der Motilitätsqualität (Abb. 21).

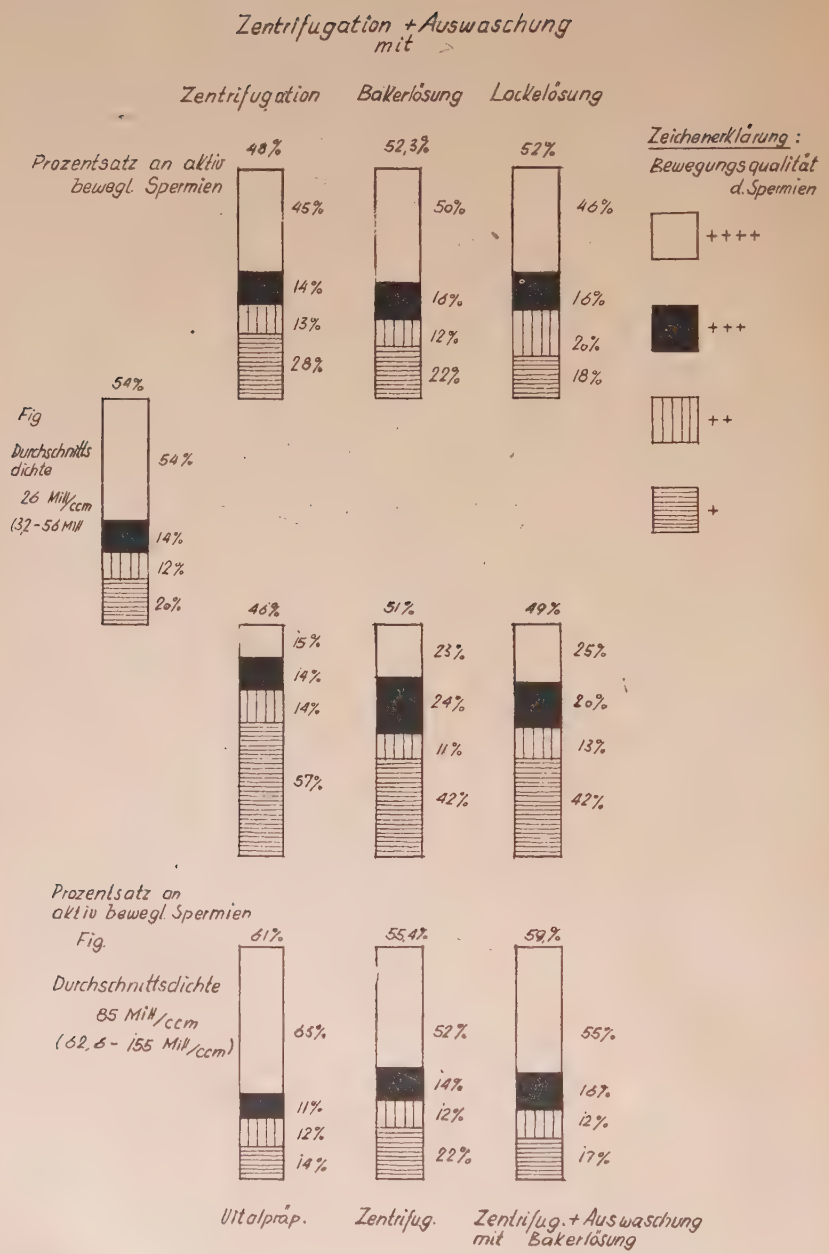
Offenbar handelt es sich dabei um eine durch die Einwirkung der Fliehkraft hervorgerufene Schädigung des Fortbewegungsorganes der Spermien. Wenn der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien während der Zentrifugation auch absinkt, so ist der unbeweglich gewordene Teil der Spermien, wie der Eosin-Vitalitätstest zeigt, nicht tot. Der Prozentsatz ungefärbt gebliebener, also lebender Spermien, ist nämlich nach der Zentrifugation nahezu derselbe wie im nicht zentrifugierten Ejakulat.

Die Zentrifugation ist also, wenn sie nicht über 10 Minuten bei 1000 Umdrehungen dauert, eine erfolgreiche Methode, um die Dichte an aktiv beweglichen Samenfäden bei Oligospermie vor der künstlichen Insemination zu verbessern.

Der Einfluß der Verdünnung des Ejakulates (1:3 — 1:10) mit Bakerlösung

Joel berichtet, daß im Vitalpräparat die Verschlechterung der quantitativen und qualitativen Motilität viel früher auftrat als bei den Verdünnungsversuchen mit Bakerlösung. Der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien war schon

Abbildung 21



nach wenigen Stunden bei Verdünnung mit Bakerlösung noch besser als im Vitalpräparat.

Die in der Bakerlösung enthaltene Glukose dient den Spermien sehr wahrscheinlich als Energiequelle (**Mac Leod, Moench** und **Redenz**). **Williams** meint, daß der Stoffwechsel der Spermatozoenbewegung abhängig sei von Speicherenergie und Energieaufnahme aus dem umgebenden Milieu. **Belonoschkin** glaubt zwar, Zucker sei höchstens ein lebenserhaltendes, niemals aber ein Energie lieferndes Mittel, doch schließen sich viele Autoren (**Joel, Ibarra, Giraola** und **Pagani** zum Beispiel) seiner Meinung nicht an.

Treten im Lösungsmittel enthaltene Substanzen als Energielieferanten auf, so wäre anzunehmen und zu erwarten, daß man die Samenzellen bei Ersatz der Samenflüssigkeit durch ein solches Medium unbeschränkt lange am Leben erhalten könne. Das ist aber nicht der Fall. Nach **Belonoschkin** deshalb nicht, weil jedem Spermium eine gewisse spezifische Energiemenge innewohnt, die durch äußere Einflüsse nicht vergrößert werden kann. Er verweist auf gewisse Stoffe, wie zum Beispiel Oxydase, welche die Spermien nur in beschränktem Maße enthalten. Er glaubt, daß nach dem Verbrauch dieser Stoffe eine Energiegewinnung trotz Zufuhr von Energie liefernden Substanzen nicht mehr erfolgen kann und daß die Beweglichkeit der Spermien und später auch ihre Lebensfähigkeit erlischt.

Der Einfluß der Auswaschung der Spermien auf die Beweglichkeit

Menkin und **Rock** haben menschliche Samen zentrifugiert und mit Lockelösung ausgewaschen. Letzteres um das Bakterienwachstum herabzumindern. Das so vorbehandelte Sperma verwandten sie zu Vitroversuchen der Befruchtung ovarieller menschlicher Eier. Sie haben das Ejakulat mit Lockelösung auf 10 ccm gebracht, zentrifugiert (15 Minuten bei 3500 Umdrehungen), die überstehende Flüssigkeit abgegossen und dann 1 ccm Lockelösung zugegeben und mit dem Sediment vermischt. Sie berichten, daß die Motilität bei nur einmaliger Auswaschung sich nur um weniges verschlechtert habe.

Hanson und **Rock** haben in 68 Fällen so ausgewaschene Sperma künstlich bei Frauen inseminiert, zugleich auch nicht vorbehandelten Samen inseminiert und es war bei Vorbehandlung in 6,4 Prozent, bei nicht vorbehandelten Ejakulaten in 4,7 Prozent der Fälle eine Imprägnation erfolgt.

Es lag nun nahe, auch einmal mit Bakerlösung auszuwaschen und die Auswirkung der Auswaschung auf die Motilität zu beobachten. Das Hauptziel war nicht so sehr, wie bei Menkin und Rock, der Ersatz der Samenflüssigkeit zur Herabsetzung des Bakterienwachstumes, als vielmehr durch Zufügung von Bakerlösung und dadurch höchst wahrscheinlich von Energie liefernden Substanzen, die durch die Zentrifugation in Mitleidenschaft gezogene Spermienmotilität wieder zu verbessern. 1 ccm Ejakulat wurde mit 3 ccm Bakerlösung versetzt, vermischt, 10 Minuten lang bei 1000 Umdrehungen zentrifugiert, die überstehende Flüssigkeit abgegossen und das Sediment mit 1 ccm Bakerlösung vermischt. 30 gleichsinnige Versuche zeigten, daß der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien nach Auswaschung nur noch um 2 Prozent im statistischen Mittelwert abgesunken war; verglichen mit 6 Prozent bei Belassung der Spermien in der

Samenflüssigkeit nach der Zentrifugation. Dies ist bedeutsam, weil die Schädigungsquote infolge Zentrifugation durch die Auswaschung um $^2/_3$ herabgemindert werden kann. Auch die Bewegungsqualität ist nach Auswaschung besser als bei alleiniger Zentrifugation (Abb. 21).

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Auswaschungen mit Bakerlösung, physiologischer Kochsalzlösung und Lockelösung (10 Versuche) einander gegenübergestellt.

Tabelle 22

	NaCl		Bakerlösung		Lockelösung		Normal
	10 Min.	25 Min.	10 Min.	25 Min.	10 Min.	25 Min.	
Quantitative Motilität	39 %	36 %	43,2 %	40,9 %	43 %	39,8 %	45 %
Qualitative Motilität							
+ + + +	15 %	4 %	24 %	12 %	23 %	12 %	40 %
+ + +	23 %	10 %	24 %	24 %	21 %	18 %	24 %
+ +	26 %	11 %	16 %	10 %	21 %	12 %	8 %
+	36 %	75 %	36 %	54 %	35 %	58 %	28 %

Es zeigte sich in jedem der einzelnen Versuche, daß die Bakerlösung vor allem der physiologischen Kochsalzlösung und weniger ausgeprägt auch der Lockelösung überlegen war.

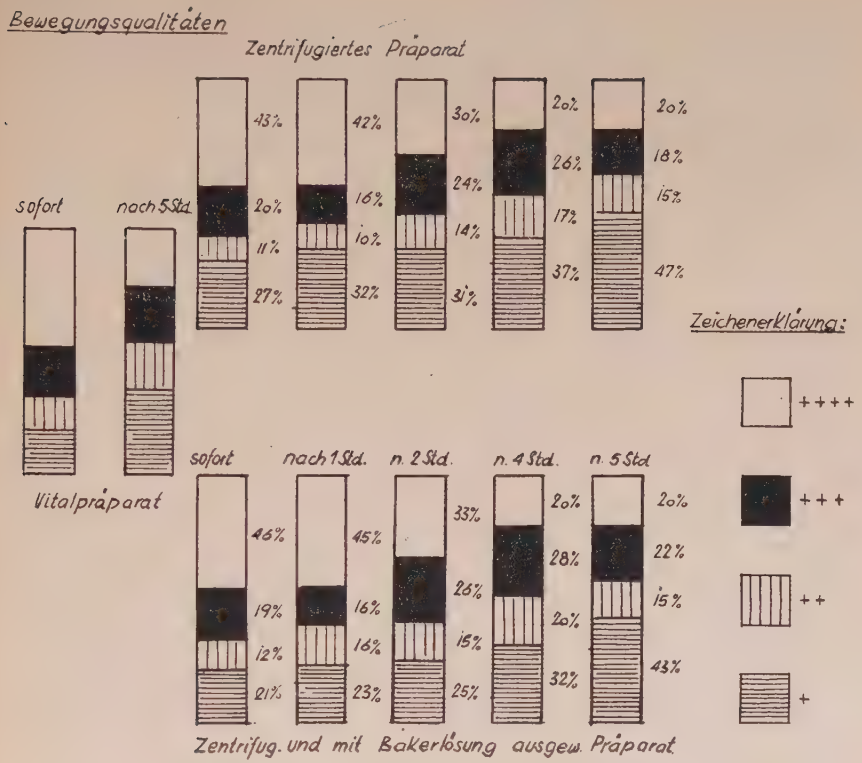
Der Einfluß der Zentrifugation und Auswaschung mit Bakerlösung auf die Spermienmotilität innerhalb der ersten 5 Stunden nach Herstellung des betreffenden Präparates (30 eigene Versuche). (Abb. 23 Tab. 24.)

Tabelle 24

	Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien		
	Vitalpräparat	Zentrifugation	Zentrifugation und Auswaschung
sofort	48 %	42,5 %	46 %
1 Stunde	45,3 %	40,3 %	42,8 %
2 Stunden	40,5 %	35,1 %	37,6 %
4 Stunden	37,8 %	29,2 %	32,8 %
5 Stunden	30,5 %	22,5 %	25,8 %

Außer einer wahrscheinlich mechanisch bedingten Motilitätsschädigung durch die Zentrifugation tritt nach den Ergebnissen von 30 Versuchen bei einmaliger Auswaschung mit Bakerlösung keine zusätzliche Schädigung mehr innerhalb der folgenden 5 Stunden ein, welche nicht mit dem Abfall der Motilität im Vitalpräparat während dieser Zeit parallel laufen würde.

Abbildung 23



Der Einfluß des Lichtes auf die Beweglichkeit der Spermien

Ochi gibt eine Schädigung der Spermienmotilität durch Sonnenlicht an. Nach **Segre, Moench** und **Valle** ist Licht in Bezug auf die Beweglichkeit indifferent. **Guggenberg** glaubt, daß Dunkelheit die Beweglichkeitsdauer verkürzt, gelbes und grüngelbes Licht günstigen Einfluß darauf ausübt. Nach **Joel** aber wirkt Tageslicht auf die Motilitätsdauer der Samenzellen leicht verkürzend (Tab. 25).

Tabelle 25

Zahl der Versuche	mittlere Bewegungsdauer	
	Tageslicht	Dunkelheit
10	92 Stunden	120 Stunden

Zehn eigene gleichartige Versuche zeigten während der ersten 5 Stunden nach der Verflüssigung des Ejakulates nur Abweichungen, die im Bereich der Fehlergrenze lagen. In keinem der Versuche konnte ein günstiger oder schädigender Einfluß durch Licht festgestellt werden. Zwischen 5 und 24 Stunden allerdings erscheint eine Differenz im Prozentsatz an aktiv beweglichen Samenzellen, die dahingehend zu deuten ist, daß Licht leicht verkürzend auf die quantitative

Motilität wirkt. Hierin besteht auch Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von **Joel.** Die Motilitätsqualität zeigte, wie auch bei **Joels** Versuchen in den ersten 24 Stunden nach Verflüssigung des Ejakulates, in keinem der untersuchten Fälle signifikante Unterschiede zwischen Aufbewahrung des Samens im Dunkeln oder bei Licht.

Tabelle 26

	Normal	Dunkelheit				Licht			
		1	2	5	24	1	2	5	24 Stunden
Quantitative Motilität (%)	56	53	50	39	26	53	51	38	14
Qualitative Motilität (%)									
+ + + +	65	52	49	38	—	51	50	30	—
+ + +	12	18	18	12	—	22	21	18	—
+ +	10	15	15	16	—	13	13	16	—
+	13	15	28	34	100	14	16	36	100

Der Einfluß der Temperatur auf die Spermienbeweglichkeit

Nach **Joel** hat die Temperatur einen Einfluß auf die Beweglichkeit der Spermien innerhalb der ersten 2 Tage nach der Ejakulation. Körperwärme treibt die Spermien zu höchstmöglicher Aktivität an, aber bei verkürzter Lebenslänge. Die maximale Bewegungsqualität erschöpft die Samenzellen. Sicher häuft sie metabole Produkte an, weiterhin vermögen sich Bakterien bei Körpertemperatur und bei dem guten Nährboden der Samenflüssigkeit sehr rasch zu vermehren und wenn sie in großen Mengen vorhanden sind, unterbrechen ihre Toxine sicherlich das Leben der Spermien.

Nachdem das Sperma 24 Stunden lang der Brutschranktemperatur ausgesetzt war, konnte keinerlei Beweglichkeit mehr festgestellt werden. Das würde aber noch nicht heißen, daß alle Spermien ihre Lebensfähigkeit verloren haben. Deshalb wurden sie dem Eosin-Vitalitätstest unterzogen und in keinem der untersuchten Fälle wurden mehr als 8 Prozent noch ungefärbt gebliebene Spermien festgestellt. Daraus geht hervor, daß bei Körpertemperatur nach 24 Stunden ein ganz erheblicher Prozentsatz der Samenfäden nicht nur bewegungslos war, sondern auch sein Leben eingebüßt hatte.

25 eigene gleichartige Versuche ergaben eindeutig, daß bei Körpertemperatur die Motilitätsqualität sich zunächst deutlich verbesserte, sich aber dann schon nach relativ kurzer Zeit signifikant verschlechterte (Abb. 27 und Tab. 28). Der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien fällt stärker ab als bei Zimmertemperatur und bei Kühlschranktemperatur.

Man kann sich den Anstieg der besseren Qualitäten so vorstellen, daß die Spermien schlechter Bewegungsqualitäten durch Mobilisierung der ihnen noch innewohnenden potentiellen Bewegungsenergie entsprechend dem van't Hoff'schen Gesetz dazu angetrieben werden, ihr „Bestes an Kraft" aufzubringen und

dadurch jeweils, entsprechend der in ihnen noch steckenden potentiellen Bewegungsenergie, bessere Bewegungsqualitäten anzunehmen. Die „Reservestoffe" sind dann aber auch wesentlich eher aufgebraucht und Schlackenstoffe in um so größerem Ausmaße angehäuft, so daß die Spermien schon bald erschöpft sind und auch ihre Lebensfähigkeit einbüßen. Dies wiederum erklärt die schon baldige und entsprechend starke Abnahme der Bewegungsqualität.

Nach **Lane-Roberts** bewirkt eine Temperatur von über 35 Grad Celsius den höchsten Grad der Motilität.

Farris gibt die Beweglichkeitsdauer der Spermien für verschiedene Temperaturen wie folgt an:

37,5 Grad	10—12 Stunden (nach Joel 5—25 Stunden)
41 Grad	4— 6 Stunden
45 Grad	1— 2 Stunden
55 Grad	15—30 Minuten

Stigler unterscheidet zwischen einer reversiblen Wärmestarre bei nur kurz dauernder Einwirkung von höheren Temperaturen und einer irreversiblen Wärmestarre nach längerer Einwirkungsdauer.

Joel schlägt vor, bei jeder Vornahme von künstlichen Inseminationen das Sperma kurze Zeit vor der Injektion vorsichtig auf Körpertemperatur zu erwärmen, um maximale Motilität zu haben.

Nach **Iwanoff** besitzen die Spermien ihre potentielle Bewegungs- und Befruchtungsenergie bereits im Hoden.

Warum ist aber, trotz der Nebenhodentemperatur von 34 Grad, die Erhaltung der Spermienbeweglichkeit im Nebenhoden viel besser gewährleistet, als in jedem anderen Milieu, das die Spermien unter normalen physiologischen Bedingungen durchlaufen?

Wichtig für die Biologie der Samenfäden im Nebenhoden ist, daß die vergrößerte Innenfläche durch Fältelung des Nebenhodenoberflächenepithels innigste Berührung zwischen Spermien und Nebenhodensekret ermöglicht und daß die starke Entwicklung der Blutgefäße im Nebenhoden dafür sorgt, daß schädliche Stoffwechselprodukte schnell und leicht abgegeben und wegtransportiert werden können. **Young** beschrieb an Hand von Tierversuchen, daß wahrscheinlich eine dauernde Resorption der Nebenhodensekrete ein passives Nachströmen der Sekrete aus dem Hoden zur Folge hat. **Möllendorff** und **Wagenseil** haben diesen Flüssigkeitsstrom nachgewiesen. Dieser Nachstrom von Hodensekret ist vielleicht dafür verantwortlich zu machen, daß die potentielle Bewegungsenergie der Spermien im Nebenhoden, trotz einer bestehenden Temperatur von 34 Grad, über längere Zeit hinweg bestehen bleibt.

Mac Leod nimmt an, daß diejenigen Spermien, welche das Ei in der Tube erreichen, sofort oder zumindest sehr bald nach der Deponierung des Samens um oder am äußeren Muttermund in den Kristeller'schen Schleimpfropf eindringen. Es ist unwahrscheinlich, daß irgend etwas der Samenflüssigkeit mit den Spermien den Schleimpfropf durchwandert. Das heißt aber, daß diejenigen Spermien, die das Ei erreichen, unter normalen Bedingungen sich nur ganz kurze Zeit in der Samenflüssigkeit befinden, zumal der Hauptteil der Spermien die Samenflüssigkeit bis zum Moment der Ejakulation sicherlich nicht erreicht.

Wahrscheinlich steigert dieser kurz dauernde Aufenthalt der Spermien in der Samenflüssigkeit bei nahezu 37,5 Grad die Aktivität eben dieser Samenzellen, ohne sie zu schädigen, so daß sie das ungastliche Milieu der Vagina, das ihnen ja nicht sehr zuträglich ist (Lebensdauer nach Farris maximal 2 Stunden), rasch verlassen können (dazu kommt noch der negative Chemotropismus des Scheidenmilieus). Vielleicht ist auch dieser nur sehr kurz dauernde Aufenthalt der Samenzellen im Sperma (unter physiologischen Bedingungen) auch ohne jegliche Bedeutung für die Beweglichkeit der Samenfäden. Wichtig aber ist vor allen Dingen, daß die sehr kurze Einwirkungsdauer der Körpertemperatur auf die Spermien im Milieu der Samenflüssigkeit sicherlich keinen schädigenden Einfluß auf die Motilität hat.

In und jenseits des Kristeller'schen Schleimpfropfes finden die Spermien dann wieder viel bessere Lebensbedingungen. Die Cervix, die auch eine Temperatur von 37,5 Grad aufweist, gewährleistet den Samenfäden nach **Stein** und **Cohen** eine Überlebensdauer bis zu 72 Stunden, nach **Joel** bis zu 60 Stunden. Die Bewegungsqualität bleibt nach **Joel** in der Cervix bis zu 40 Stunden recht gut erhalten. In der Cervix scheinen außer der Alkalität auch noch gewisse Fermente die Beibehaltung der potentiellen Bewegungsenergie über relativ lange Zeit hinweg zu ermöglichen. Nach **Belonoschkin** ist die Cervix deshalb als eigentliches Speicherorgan für die Spermien zu betrachten, weil sie in diesem Abschnitt des weiblichen Genitales am längsten im beweglichen Zustand verharren.

Bei Belassung des Spermas im Kühlschrank bleibt der Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien nach den Ergebnissen von 25 eigenen Versuchen während der ersten 3 Stunden nahezu konstant und sinkt dann leicht ab. Nach 24 Stunden hat er den statistischen Mittelwert von 24 Prozent des Ausgangswertes erreicht, gegenüber 14 Prozent bei Zimmertemperatur und 0 Prozent bei Körpertemperatur. Wenn man das Ejakulat nach 24 Stunden Aufbewahrung im Kühlschrank dem Eosin-Vitalitätstest unterwirft, so zeigt sich, daß der Prozentsatz an ungefärbt gebliebenen Spermien nicht signifikant vom Prozentsatz ungefärbter Spermien im frischen Sperma abweicht, wenn auch die Motilitätsqualität stark abgesunken ist (Abb. 27). Das besagt aber, daß tiefere Temperatur einen konservierenden Faktor für das Leben der Spermien darstellt. **Farris** berichtet ebenfalls, daß Temperaturen von 5 Grad die Motilitätsqualität reduzieren, die Lebenslänge der Spermien aber anwachsen lassen. Diese Temperatur hebt die Bewegung der Spermien nahezu auf und versetzt die Spermien in einen Ruhezustand, welcher nach **Joel** durch Wärmezufuhr beliebig oft aufgehoben werden kann.

Auch extrem tiefer Kälte (bis —269,5 Grad 3 Stunden lang) wurde von **Jahnel** und **Shettles** Sperma ausgesetzt. Nach dem Wiederauftauen waren nur noch einige Spermien beweglich gewesen. Bei diesen tiefen Temperaturen scheint vor allen Dingen die Auskristallisation die Spermien stark zu schädigen.

Eigene Versuche wurden weiter dahingehend unternommen, daß die Spermien 1, 3, 5 und 24 Stunden einer Temperatur von 5 Grad ausgesetzt wurden. Nach anschließender Einwirkung von Zimmertemperatur bei gleichzeitiger Verdünnung des Spermas mit Bakerlösung (1 : 5) zeigte sich, daß bei Sperma, das 1 bis 5 Stunden im Kühlschrank aufbewahrt war, die Motilität nach durchschnittlich 1 bis 2 Stunden nahezu wieder ihren Ausgangswert erreicht hatte. Ferner zeigte sich, daß auch bei Ejakulat, das 24 Stunden lang der Temperatur von 5 Grad ausgesetzt war, eine Verbesserung der Motilität durch langsames Auftauen

Abbildung 27

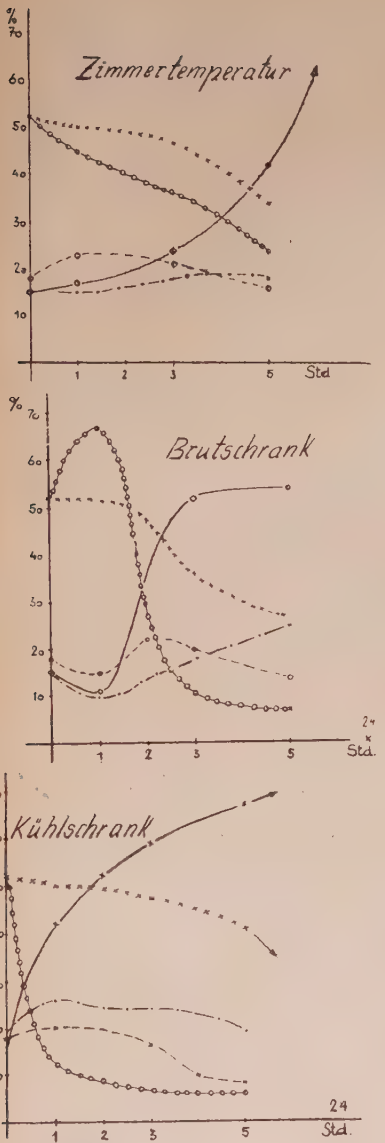


Tabelle 28

normal	Zimmertemperatur 18 — 25° C				
Zahl der Versuche: 25	Stunden 1	3	5	24	
Prozentsatz an aktiv bewegl. Spermien 52	50	47	34	14	
Bewegungsqual. prozentual					
++++ 51	45	37	24	—	
+++ 18	23	21	16	—	
++ 15	15	18	18	—	
+ 15	17	24	42	100	

normal	Brutschranktemp. 37,5° C				
Zahl der Versuche: 25	Stunden 1	2	3	5	24
Prozentsatz an aktiv bewegl. Spermien 52	50	48	36	27	—
Bewegungsqual. prozentual					
++++ 51	67	29	10	7	—
+++ 18	14	22	20	14	—
++ 15	9	14	18	25	—
+ 15	10	35	52	54	—

normal	Kühlschranktemp. 5° C				
Zahl der Versuche: 25	Stunden 1	2	3	5	24
Prozentsatz an aktiv bewegl. Spermien 52	50	49	47	41	24
Bewegungsqual. prozentual					
++++ 51	12	9	6	6	—
+++ 18	20	16	10	8	—
++ 15	26	24	24	19	—
+ 15	42	51	60	67	100

Erklärung: x x x = Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien.
++++ = OOO = rasch progressive Bewegungsqualität.
+++ – – – – = stetig progressive Bewegungsqualität.
++ – – = träge Bewegungsqualität.
+ = —— = beweglich, aber keine Fortbewegung mehr.

wieder möglich ist. Die Beweglichkeit erreichte nach 4 bis 5 Stunden ihr Maximum. Jedoch wurde die Ausgangsmotilität in keinem der Fälle auch nur annähernd erreicht. Sicherlich war bei den Spermien zum Teil ein irreversible Kältestarre eingetreten. Dazu kommt noch die Tatsache, daß während der eine Teil der Spermien noch auftaut, die bereits beweglichen Spermien ihre potentielle Bewegungsenergie schon verbrauchen, mithin also zu dem Zeitpunkt, in dem alle Spermien wieder beweglich sind, nur noch schlechtere Bewegungsqualitäten aufweisen können. Somit ist es auch gar nicht verwunderlich, daß die Ausgangsmotilität nie wieder erreicht wurde.

Nach **Lane-Roberts** wirken Temperaturen unter 35 Grad in der Regel reduzierend auf die Motilität. **Belding** schreibt, daß die Spermien bei Kühlschranktemperatur von 8 Grad bis zu 626 Stunden, bei einem Durchschnitt von 153 Stunden beweglich blieben.

Nach **Belonoschkin** bestehen individuelle Unterschiede in der Empfindlichkeit menschlicher Spermien gegenüber niedrigen Temperaturen.

Nach **Belding** ist die günstigste Temperatur für die Erhaltung der Motilität die zwischen 8 und 20 Grad. Bei dieser Temperatur ist einerseits der excessiven Beweglichkeit der Spermien Einhalt geboten, andererseits ist das Bakterienwachstum nicht so floride wie bei höheren Temperaturen. Dies belegen auch eigene Versuche (Abb. 27 und Tab. 28). Nach 24 Stunden waren bei Zimmertemperatur durchschnittlich noch 14 Prozent der anfangs aktiv beweglichen Spermien motil, verglichen mit 0 Prozent nach 24 Stunden bei Körpertemperatur. Auch die Bewegungsqualität der Samenzellen blieb längere Zeit gut als bei höheren Temperaturen. Nach den Ergebnissen des Eosin-Vitalitätstestes waren nach 24stündiger Aufbewahrung bei Zimmertemperatur nur noch 50 Prozent der anfänglich ungefärbten, also lebenden Spermien, noch ungefärbt geblieben.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund des Literaturstudiums ergaben sich folgende für die Beurteilung der männlichen Fertilität aus der Samenanalyse wichtige Gesichtspunkte:

Die Chancen einer Konzeption steigen bis zu einem gewissen Punkt mit der Erhöhung der Spermiendichte. Der kritische Wert der Spermiendichte liegt bei oder unter 20 Millionen Spermien/ccm Ejakulat. Allein auf die Basis der Dichte bezogen, hat ein Samen mit 40 Millionen Spermien/ccm Dichte kein höheres Fertilitätspotential als ein solcher mit der Dichte 140 Millionen Spermien/ccm.

Zwischen der Bewegungsaktivität der Spermien und der männlichen Fertilität besteht eine strenge Beziehung, sowohl für den Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien als auch für die Bewegungsqualität der Spermien. Die Chancen einer Konzeption wachsen mit dem Ansteigen der qualitativen und der quantitativen Spermienmotilität an. Die Bewegungsqualität soll nach **Mac Leod** mindestens den Wert 2 haben, der kritische Wert für den Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien liegt um 40 Prozent.

Das Fertilitätspotential steigt mit der Normalisierung der Spermienmorphologie an. Der kritische Wert für den Prozentsatz an morphologisch normalen Spermien wird mit 60 Prozent angegeben.

Der Eosin-Vitalitäts-Test, der zur Unterscheidung zwischen lebenden und toten Spermien und darüber hinaus zur Unterscheidung von unbeweglich lebenden und

unbeweglich toten Spermien verwendet werden kann, ist vor allem für die Motilitätsstudien an menschlichen Spermien wichtig.

Aus den in der vorliegenden Arbeit geschilderten experimentellen Untersuchungen an menschlichen Ejakulaten läßt sich folgendes ableiten:

Die Summe aus im Eosin-Vitalitätstest ungefärbt gebliebenen Spermien ist bei einer quantitativen Spermienmotilität von über 90 Prozent nahezu dem Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien gleich. Die anfängliche Diskrepanz zwischen dem Prozentsatz an im Eosin-Vitalitätstest ungefärbt gebliebenen Spermien und dem Prozentsatz an aktiv beweglichen Spermien wird im Verlaufe von 24 Stunden immer deutlicher. Das heißt, daß die Motilität der Spermien eher sistiert als das Leben der Spermien. Bei zeugungsunfähigen Männern mit abnormen Spermabefunden (Oligospermie, Asthenospermie) zeigen sich bei sofortiger Untersuchung des Ejakulates höhere Prozentsätze an eosingefärbten Spermien als bei Normospermie.

Bei einer Zentrifugation des Ejakulates von 10 Minuten Dauer bei 1000 Umdrehungen sinkt der Hundertsatz an aktiv beweglichen Spermien um etwa 6 Prozent ab. Auch die Motilitätsqualität der Spermien verschlechtert sich nicht wesentlich. Offenbar handelt es sich bei dieser Motilitätsbeeinträchtigung nur um eine Schädigung des Fortbewegungsorganes der Spermien; der Prozentsatz an im Eosin-Vitalitätstest ungefärbt gebliebenen Spermien ist nämlich nach dem Zentrifugieren derselbe wie im frischen nicht zentrifugierten Ejakulat.

Durch Zufügen von Bakerlösung nach dem Zentrifugieren und nach Abgießen der überstehenden Flüssigkeit (Auswaschung) kann die durch das Zentrifugieren hervorgerufene Schädigungsquote der Spermienmotilität um $^2/_3$ herabgemindert werden.

Außer einer wahrscheinlich mechanisch bedingten Motilitätsschädigung durch das Zentrifugieren tritt keine zusätzliche Schädigung der Spermienmotilität innerhalb der folgenden fünf Stunden ein, welche nicht mit dem Abfall der Motilität im Vitalpräparat während dieser Zeit parallel laufen würde.

Ein günstiger oder schädigender Einfluß des Lichtes auf die Spermienbeweglichkeit konnte während der ersten fünf Stunden nach der Verflüssigung des Ejakulates nicht festgestellt werden. Zwischen 5 und 24 Stunden wirkt Licht allerdings leicht verkürzend auf die quantitative Spermienmotilität. Die qualitative Motilität zeigt in den ersten 24 Stunden nach der Verflüssigung des Ejakulates keine Beeinflußbarkeit durch Licht.

Die Körpertemperatur (Brutschrank) verbessert die Motilitätsqualität der Spermien zunächst deutlich, aber schon nach kurzer Zeit verschlechtert sich die Bewegungsqualität der Samenfäden wesentlich.

Tiefere Temperaturen (Kühlschrank) stellen für die Motilität und das Leben der Spermien einen konservierenden Faktor dar.

Die günstigste Temperatur für die Erhaltung der Spermienmotilität liegt zwischen 8 und 20° C.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, **Herrn Professor Dr. med. H. Schuermann** für die Überlassung des vorliegenden Themas und für die freundliche Übernahme des Referates zu danken.

Gleichfalls möchte ich **Herrn Dr. med. R. Doepfmer** für seine mir erteilten Ratschläge aufrichtig danken.

LITERATURVERZEICHNIS

Belonoschkin, B. - Zeugung beim Menschen im Lichte der Spermatozoenlehre, Stockholm, Sjöbergs Förlag, 1948
- Arch. Gyn. 1948, 176, 135
- Der gegenwärtige Stand der Spermatozoenforschung, Arch. Gyn. 1939, 158
- Biologie und Klinik der Spermatozoen, Arch. Gyn. 1939, 169

Blom, E. - A one minute Live-Dead Sperm Stain by Means of Eosin-Nigrosin, Fertility a. Sterility 1950, 1, 2, 176

Borelli, S. - Spermienbeweglichkeit und Befruchtungsvermögen, MMW 1954, 24, 79

Burgos, M. H. und Paola, G. - Eosintest for the Evolution of Sperm Vitality, Fertility a. Sterility 1951, 12, 6, 542

Bunge, R. G. - Fertilizing Capacity of Frozen Human Sperms, Nature 1953, 172

Cary, W. und Hotchkiss, R. S. - J. Am. Med. Asso. 1943, 102, 587

Davis, M. B., Williams, W. W. und Mc. Cune - Metabolism of Human Sperms in Semen, Fertility a. Sterility 1950, 1, 2

Farris, E. J. - Human Fertility and Problems of the Male, The Author's Press, Inc. White Palms, New York, 1950
- J. Urolog., 1950, 64, 4
1947, 58, 1, 85
1949, 61, 1, 1099

Falk, H. C. und Kaufmann, S. A. - Fertility a. Sterility, 1950, 1, 489

Gersh, I. - The Role of Urologist in the Problem of Infertility, J. Urolog., 1951, 66, 3, 450

Granzow, J. - Biologische, serologische und pharmakologische Untersuchungen an Spermien des Meerschweinchens und des Menschen, Arch. Gyn. 1932, 149
1938, 148

Hanson, F. und Rock, I. - 68 Inseminationen mit zentrifugiertem, gewaschenem Sperma, Fertility a. Sterility, 1951, 2, 2

Harvey, C. und Jackson, M. H. - Lancet 1945, 2, 99

Hotchkiss, R. S. - Fertility in Men, J. B. Lippincott, Philadelphia, 1948
- J. Urolog., 1942, 48, 225
- Am. J. Med. Sc., 1938, 196, 362

Hotchkiss, R. S. und Mac Leod, J. - Semenanalyses in 1500 Cases of Sterile Marriage. Am. J. Obst. a. Gyn., 1946, 52, 34
J. Urolog., 1942, 48, 225

Heinke, B. - Vitalitätsprüfung von menschlichen Spermien durch Eosinfärbung, Zeitschrift für Haut- u. Geschlechtskrankheiten, 1951, 10, 6

Joel, C. A. - Studien am menschlichen Sperma, Benno-Schwabe-Verlag, Basel, 1953

Joel, C. A. und Pollak, I. O. - Chemische Versuche mit menschlichen Spermien und ihre klinische Verwertung, Mschr. f. Geb.-Hilfe und Gyn., 1939, 109

Kleegemann, S. I. - Am. J. Surg., 1936, 33, 392

Mac Leod, J. - J. Urolog., 1951, 66, 3, 436
- Am. J. Phys., 1941, 132, 193
- The Male Faktor in Fertility, Fertility a. Sterility, 1950, 1, 347
1951, 2, 187
1951, 2, 394
1951, 2, 523
- The Effekt of Continence on Semen Quality, Fertility a. Sterility, 1952, 3, 4
- Certain Concepts in Human Male Fertility, J. Urolog., 1952, 1, 67
- Characteristics and Variation in Semen of Specimen of 1000 Normal Young Men, J. Urolog., 1945, 54, 474
- The Kinetics of Human Spermatogenesis as revealed by Changes in the Ejakulate, Ann. N. York Acad. Sc., 1952, 55, 4, 705

Leeb, H. und Rennhofer - Wiener MWZ, 1954, 104, 44, 877

Lane-Roberts, C., Sharman, A., Walker, K. und Wiesner, B. P. - Sterility and Impaired Fertility, P. Hoebner Inc. Med. Books Departm. of Harpers and Brothers, New York, 1948

Moench, G. L. - Studien zur Fertilität, Ferd.-Enke-Verlag, Stuttgart, 1931
- Am. J. Obst. and Gyn., 1931, 22, 199

Moench, G. L. - In Seitz-Amreich, Biologie und Pathologie des Weibes, 1952, 3, 307

Menkin, F. und Rock, I. - Invitro Fertilization and Cleavage of Human Ovarian Eggs, Am. J. Obst. and Gyn., 1948, 55, 3, 440

Meaker, S. R. und Vose, F. - Nature of Human Infertility, J. Am. Med. Assoc., 1940, 115, 1426

Page, E. W. und Houldings, F. - Festsetzung des Fertilitäts-Index mittels Nomogramm, Fertility a. Sterility, 1951, 12, 2

Redenz, E. - Versuch einer biologischen Morphologie des Nebenhodens, Arch. Mikrosk., Anat. u. Entwicklungsgeschichte, 1924, 3

Stein, I. F. und Cohen, M. B. - Fertility a. Sterility, 1951, 1, 2

Sharman, A. - Fertility a. Sterility, 1951, 12, 2

Siegler, S. L. - Fertility in Women, J. B. Lippincott, Philadelphia, 1944

Stiasny, H. - Unfruchtbarkeit beim Mann, Ferd.-Enke-Verlag, Stuttgart, 1944

Wallenfels, K. - Chemische Grundlagen von Sexualität und Befruchtung, in v. Gieses Sexualität des Menschen, F.-Enke-Verlag, Stuttgart, 1954

Williams, W. W. - Urolog. a. Cutan. Rev., 1939, 43, 587

Williams, W. W. und Pollak, I. O. - Study of Sperm Vitality with the Aid of Eosin-Nigrosin-Test, Fertility a. Sterility, 1951, 12, 6, 542
1950, 1, 178

White, G. - The Effekt of Washing on Motility and Metabolism of Ram, Bull and Rabbit Sperms, J. exp. Biol., 1953, 30, 2, 200
- Metabolic Studies of Washed and Diluted Ram, and Bull Sperms, Austr. J. Biolog. Sc., 1953, 6, 4, 706

LEBENSLAUF

Am 16. September 1929 bin ich als Sohn des Oberinspektors Hans Thein und seiner Ehefrau Johanna, geb. Schmidt, zu Rothenburg ob der Tauber geboren. In Rothenburg ob der Tauber besuchte ich die Volksschule. Nach vollendetem vierten Schuljahr trat ich in die Oberrealschule mit Gymnasium zu Rothenburg ob der Tauber ein. Diesen Schulbesuch mußte ich vom November 1944 bis Kriegsende wegen Kriegsdienstverpflichtung unterbrechen. Die Reifeprüfung legte ich im Juli 1950 ab.

Das medizinische Studium begann ich im Wintersemester 1950/51 an der Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg und legte dort im April 1953 mit Erfolg die ärztliche Vorprüfung ab. Das 7. Fachsemester studierte ich an der Medizinischen Akademie in Düsseldorf. Die folgenden Semester wieder an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg, wo ich am 6. Februar 1956 die ärztliche Prüfung bestand. Seit 1. April 1956 bin ich als Pflichtassistent im Theresienkrankenhaus in Bad Kissingen tätig.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Günter Thein.